

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

GDEH

**Valorização da biomassa florestal, proveniente da doença
de nemátodo de pinheiro, para produção de peletes**

**Por:
Ilídio José Gomes Loução**

**Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia**

**Orientador: Professor Dr. José Filipe Santos Oliveira
Co-Orientador Professor Dr. Francisco Castro Rego**

**Lisboa
2008**

IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

Pelo sonho é que vamos,
comovidos e mudos.
Chegamos? Não chegamos?
Haja ou não haja frutos,
pelo sonho é que vamos.

Basta a fé no que temos
Basta a esperança naquilo
que talvez não teremos.
Basta que à alma dêmos,
com a mesma alegria,
ao que desconhecemos
e ao que é do dia a dia.

Chegamos? Não chegamos?

- Partimos. Vamos. Somos.

Sebastião da Gama “Pelo sonho é que vamos”

ORAÇÃO À ÁRVORE

“ Tu que passas e ergues para mim teu braço.
Antes que me faças mal, olha-me bem.
Eu sou o calor do teu lar nas noites frias de Inverno.
Eu sou a sombra amiga que tu encontras quando caminhas
sob o sol de Agosto; e os meus frutos são frescura
apetitosa que te sacia a sede, nos caminhos.
Eu sou a trave amiga de tua casa, a tábua da tua mesa,
a cama em que tu descansas e o leme do teu barco.
Eu sou o cabo da tua enxada, a porta da tua morada,
a madeira do teu berço, e o aconchego do teu caixão.
Sou o pão da bondade e a flor da beleza.
Tu que passas olha-me bem e não me faças mal. ”

Alberto Veiga Simão.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor José Filipe do Santos Oliveira, Professor Catedrático da UNL/FCT, pela confiança em mim depositada, por ter proporcionado a possibilidade de desenvolver este e muitos outros trabalhos e por ter prontamente aceite a orientação desta dissertação, pelo que jamais poderei encontrar forma de lhe agradecer.

Ao Professor Doutor Francisco Castro Rego, por ter prontamente aceite a co-orientação desta dissertação.

A todos os docentes que leccionaram neste mestrado.

Não poderei finalizar sem antes expressar o agradecimento aos colegas de curso e a todas as pessoas com quem trabalhei e convivi durante a realização deste mestrado. Muito obrigado a todos.

**Sandra
Lara**

Resumo

Recentemente, tem-se formado um consenso internacional relativamente ao fenómeno natural “Mudança Climática” (aquecimento global) e suas origens no aumento dos Gases do Efeito Estufa (GEE), ocorrida a partir da Revolução Industrial.

A unanimidade em torno do assunto foi obtida com a realização da Convenção Quadro sobre Mudança Climática das Nações Unidas em 1992. A partir de então, iniciaram-se negociações para a redução das emissões de CO₂ que culminaram com o estabelecimento do Protocolo de Quioto, no Japão em 1997. Decorrente do consenso internacional sobre o tema, existe um mercado comprador de créditos de carbono.

Pretende-se elevar a importância da utilização e valorização da biomassa florestal em geral e com sintomas de nemátodo da madeira do pinheiro (NMP) *Bursaphelenchus xylophilus*, em particular, através do processo de peletização, para produção de energia eléctrica, realçando o seu potencial num mundo que se pretende perspectivado num desenvolvimento sustentável.

Todos os bens e serviços produzidos numa economia estão directamente ou indirectamente associados ao uso de energia e, de acordo com o tipo de combustível utilizado, com as emissões de gases com efeito de estufa. Devido à sua contribuição para o aumento da concentração destes gases, as actividades humanas são consideradas responsáveis pelas alterações climáticas que constituem uma das mais sérias ameaças ambientais ao nível global, com fortes impactos ao nível social, económico e ambiental.

Abstract

Recently it has been developed an international consensus with relation to the natural phenomenon - Climatic Change (global heating) - and its origins in the rise of the Greenhouse Effect Gases (GEE), occurred since the Industrial Revolution. Unanimity around this subject was gotten with the accomplishment of the United Nations Framework Convention on Climate Change in 1992. Negotiations for CO₂ emissions reduction had been initiated and culminated with the establishment of the Kyoto Protocol, occurred in Japan in 1997. Because of the international consensus on the subject, a Carbon credits market arose.

Emphasize the importance of the use and valorisation of the biomass forest, in general the with symptomatic pine wood nematode (PWN) *Bursaphelenchus xylophilus* in particular, through the bed pelletising for production of the electric energy, enhancing its potential, in a world that is intended to reach the maintainable development.

The goods and services produced within an economy are directly or indirectly associated with energy consumption, as well as, according to the type of combustible, with the emission of greenhouse gases. Human activities, due to their contribution for the increase of those gases concentration, are regarded as the main source of climate changes. These changes are one of the most severe global environmental menaces, exerting strong social, economic and environmental impacts.

Glossário

Biomassa – Biocombustível com origem nos produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), os resíduos da floresta e das indústrias conexas e a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos.

Biomassa florestal – Fracção biodegradável dos produtos e dos desperdícios de actividade florestal. Inclui apenas o material resultante de operações de gestão dos combustíveis, das operações de condução (ex.: desbaste e desrama) e da exploração dos povoamentos florestais, ou seja: ramos, bicadas, cepos, folhas, raízes, cascas.

Coníferas hospedeiras – Coníferas hospedeiras do NMP e seu insecto-vector – as espécies *Picea orientalis*, *Pinus halepensis*, *Pinus nigra*, *Pinus nigra laricio*, *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* e *Pinus sylvestris*.

Efeito de estufa – Consiste na absorção pela atmosfera de parte da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra em resultado da concentração de gases com efeito de estufa (GEE).

Energias renováveis – Fonte de energia ilimitada, uma vez que a sua utilização “hoje” não implica diminuição da sua disponibilidade “amanhã”. Inclui, entre outras, as energias eólica, solar, biomassa e hídrica.

Espaços florestais – Áreas ocupadas por arvoredos florestais de qualquer porte com uso silvo-pastoril ou os incultos de longa duração. Inclui os espaços florestais arborizados e os espaços florestais não arborizados.

Espaços florestais arborizados – Superfície com árvores florestais com uma percentagem de coberto no mínimo de 10% e altura superior a 5 m (na maturidade), que ocupam uma área mínima de 0,5 ha de largura não inferior a 20 metros. Inclui áreas ocupadas por plantações, sementeiras recentes, áreas temporariamente desarborizadas em resultado da intervenção humana ou causas naturais (corte raso ou incêndios), viveiros, cortinas de abrigo, caminhos e estradas florestais, clareiras, aceiros e arrifes.

Espaços florestais não arborizados – Incultos de longa duração que compreende os terrenos ocupados por matos, pastagens naturais, e os terrenos improdutivos ou estéreis do ponto de vista da existência de comunidades vegetais.

Gases com Efeito de Estufa (GEE) – Gases que absorvem e emitem radiação Infravermelha. Ao irradiarem a Terra, parte dos raios luminosos oriundos do Sol são reflectidos para o espaço, outros são absorvidos e transformados em calor em consequência da concentração destes gases na atmosfera. Os principais gases com efeito de estufa, presentes na atmosfera, são o vapor de água, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), o ozono (O₃), os clorofluorcarbonetos (CFC), os hidroclorofluorcarbonetos (HCFC).

Insecto-vector – O nemátodo é transportado árvore a árvore por cerambicídeos, nomeadamente, em Portugal, por insectos da espécie endémica *Monochamus galloprovincialis* (Longicórneo do Pinheiro), que pode infectar árvores saudáveis e colonizar árvores enfraquecidas com a sua descendência

NMP - Nemátodo da Madeira do Pinheiro - *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & ou et and Buhner) agente patogénico não endémico que demonstrou, noutras regiões do globo, ter efeitos devastadores em florestas de coníferas e que se faz transportar por um insecto vector, o Longicórneo do Pinheiro (*Monochamus galloprovincialis* Ol.) encontra-se associado a árvores em declínio, podendo infectar árvores saudáveis com a doença e, ainda, colonizá-las com a sua descendência

NUTS – Nomenclatura estatística comum das unidades territoriais, de modo a permitir a recolha, organização e difusão de estatísticas regionais harmonizadas na Comunidade Europeia. Ela subdivide o território económico dos Estados Membros em unidades territoriais, atribui a cada unidade territorial uma designação e um código específicos e é hierárquica: subdivide cada Estado-Membro em unidades territoriais de nível NUTS I, cada uma das quais é subdividida em unidades territoriais de nível NUTS II, sendo estas, por sua vez, subdivididas em unidades territoriais de nível NUTS III.

Produtividade Primária Bruta (PPB) – Energia assimilada ou biomassa produzida através da fotossíntese pelos organismos autotróficos, por unidade de área e num período de tempo específico. É usualmente expressa em unidades de energia (e.g. joules/ m²/dia) ou em quantidade de matéria orgânica seca (g/m²/ano).

Produtividade Primária Líquida (PPL) – Diferença entre a produtividade primária bruta (PPB) e a energia perdida através da respiração (R) por unidade de área e num período de tempo específico.

Resíduos Florestais - Sobras de material que resultam da transformação da matéria prima em produtos florestais na indústria, o qual não foi reduzido a estilha ou partículas. Inclui retestos, costaneiras, cerne de folheados, serrim, resíduos de carpintaria e de mobiliário. Exclui a estilha feita directamente na floresta.

Seca – Fenómeno que ocorre naturalmente quando a precipitação registada é significativamente inferior aos valores normais, provocando um sério desequilíbrio hídrico que afecta negativamente os sistemas de produção dependentes dos recursos da terra

Sequestro do carbono – Absorção, através do processo fotossintético, do dióxido de carbono atmosférico, que resulta na libertação do oxigénio para a atmosfera e na fixação do carbono nas moléculas orgânicas das plantas.

Sumidouro – Significa qualquer processo, actividade ou mecanismo que remove da atmosfera um gás com efeito de estufa, ou um seu precursor, ou um aerossol.

Tep: Tonelada equivalente de petróleo. Para efeitos de contabilidade energética é necessário converter para a mesma unidade os consumos e/ou produções de todas

as formas de energia. A unidade usualmente utilizada para o efeito é a tonelada equivalente de petróleo que, como o nome indica, é o conteúdo energético de uma tonelada de petróleo indiferenciado. A unidade de energia no Sistema Internacional de Unidades é o Joule (J). A relação entre as duas unidades é: $1 \text{ tep} = 41.86 \times 10^9 \text{ J}$. No caso da energia eléctrica, usualmente contabilizada em quilowatt-hora (kWh), a relação entre as duas unidades é a seguinte: $1 \text{ tep} = 11\,628 \text{ kWh}$

Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) – Medida de avaliação da rentabilidade de um investimento. É a taxa de actualização – taxa à qual são considerados os valores futuros – que torna o valor actual líquido de um investimento igual a zero.

Valor Acrescentado Bruto (VAB) – Valor bruto da produção deduzido do custo das matérias-primas e de outros consumos no processo produtivo.

Valores de Uso Directo – Bens, derivados das florestas, de uso directo, onde se incluem os bens de consumo proporcionados directamente pelas árvores, como sejam os produtos lenhosos, madeira e lenha, a cortiça e os frutos secos, ou os bens, como a pastagem, a caça, e o recreio, associados ao espaço florestal.

Valores de Uso Indirecto – Valores que resultam das funções desempenhadas pelos ecossistemas florestais, integrando-se, nesses valores, a protecção dos solos e do regime hídrico, o sequestro de carbono e a protecção da paisagem e biodiversidade.

Valor Líquido Actual (VLA) – Representa a contribuição líquida de um projecto para a criação de riqueza e é obtido deduzindo o valor actual de um projecto ao valor do seu investimento inicial.

ZA (Zona Afectada) – Área do território nacional onde se conhece a presença do Nemátodo da Madeira do Pinheiro.

Zona de Intervenção Florestal – Zona constituída por iniciativa dos proprietários ou produtores florestais, cuja gestão é assegurada por uma entidade gestora, estando a área a que se reporta submetida a um plano de gestão florestal e a um plano de defesa da floresta da floresta comuns.

ZI (Zona Isenta) – Área do território nacional e de outros Estados membros não identificada como Zona de Restrição.

ZR (Zona Restrição) – Área do território nacional correspondente à totalidade das áreas da ZA e ZT.

ZT (Zona Tampão) – Área do território nacional que circunda a ZA em toda a sua extensão, com uma largura de 20 km.

Abreviaturas

AEE- Agencia Europeia de Energia.

AIE- Agencia Internacional de Energia.

AGRIS - Medida Agricultura e Desenvolvimento Rural dos programas operacionais regionais.

AGRO - Programa Operacional Agricultura e Desenvolvimento Rural.

CEE – Comissão Económica Europeia.

CELE- Comercio Europeu de Licenças de emissão.

COM- Comissão Europeia.

CQNUAC/ UNFCCC - Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas.

DGF – Direcção-Geral das Florestas.

DGGE - Direcção-Geral de Geologia e Energia.

DGRF – Direcção Geral dos Recursos Florestais.

DFCI – Defesa da Floresta Contra Incêndios.

FCF – Faixa de Contenção Fitossanitária.

FEADER - Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural.

FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

FER – Fontes de Energia Renovável.

GANP – Grupo de Acompanhamento do Nemátodo da Madeira do Pinheiro.

ICN – Instituto da Conservação da Natureza.

IFN – Inventário Florestal Nacional.

INE – Instituto Nacional de Estatística.

IPCC – Painel Intergovernamental para as alterações climáticas.

TIR- Taxa interna de Rendibilidade.

ONGs – Organizações não Governamentais.

PNAC- Programa Nacional para as Alterações Climáticas.

PNALE- Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão.

PDSFP - Plano de Desenvolvimento Florestal Sustentável da Floresta Portuguesa.

PGF – Planos de Gestão Florestal.

PIB - Produto interno Bruto.

PIF - Painel Intergovernamental sobre Florestas.

PCI – Poder calórico inferior.

PCS - Poder calórico superior.

PNAC - Plano Nacional para as Alterações Climáticas.

PROF – Planos Regionais de Ordenamento Florestal.

PROLUNP - Programa Nacional de Luta Contra o Nemátodo da Madeira do Pinheiro

PRIME – Programa de Incentivos a modernização da Economia

EU- União Europeia.

Ruris – Plano de Desenvolvimento Rural

Símbolos

C – Carbono.

CFC – Clorofluorcarbono.

CH₄ – Metano.

CO – Monóxido de carbono.

CO₂ – Dióxido de carbono.

g – Grama.

Gt. de C - Giga tonelada de carbono.

Gg CO₂,- Giga gramas de dióxido de carbono (1.0×10^9 gramas de CO₂).

g/m²/ano - grama por metro quadrado, por ano.

GWh - Giga Watt-hora ($3,6 \times 10^{12}$ J).

H₂O – Água.

HFC – Hidrofluorcarbono.

ha – hectare.

ha/ano - hectare por ano.

J – Joule.

m – Metro.

m³– Metro cúbico.

m³/ha – Metro cúbico por hectare.

N₂O – Óxido nitroso.

O₂ – Oxigénio.

O₃ – Ozono.

ppb – Partes por bilhão.

ppm – Partes por milhão.

t. de C – Tonelada de carbono.

t./ha – Tonelada por hectare.

tC/ano - tonelada de carbono por ano.

tms/ano - tonelada de matéria seca por ano.

tms/ha --tonelada de matéria seca por hectare.

tms/m³ - tonelada de matéria seca por metro cúbico.

tC/tms - tonelada de carbono por tonelada de matéria seca.

tC/ha/ano - tonelada de carbono por hectare, por ano.

ton/m²/ano - tonelada por metro quadrado, por ano.

US\$ – Dólar Americano.

mm – milímetros.

m³/ano -metro cúbico por ano.

m³/ha/ano - metro cúbico por hectare, por ano.

kg/m²/ano - quilograma por metro quadrado, por ano.

kg/m₃ – Quilo por metro cúbico.

Kcal - Quilo caloria (4186,8 J).

KWh - Kilowatt-hora (3600000J).

MWh - Mega Watt hora ($3,6 \times 10^9$ J).

€-Euro.

°C - grau Celsius.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

1. Introdução	20
---------------	----

CAPÍTULO 2

2. Objectivo	22
--------------	----

CAPÍTULO 3

3 – Energia	23
3.1 - Sustentabilidade energética	24
3.2 – Objectivos do mercado energético	25
3.3 - Consumos Energéticos	26
3.4 - Energias Renováveis	29
3.4.1. Promoção das fontes de energia renováveis	30
3.5 - Aproveitamento de biomassa florestal para produção de energia	33

CAPÍTULO 4

4 – Floresta	35
4.1 - Evolução no tempo	35
4.2 – Funções	36
4.3 – Organismos e Programas que estiveram na base da florestação de Portugal	37
4.4 - Ocupação florestal-de Portugal	44
4.5 - Floresta e as alterações climáticas	46
4.6 - Economia florestal	47
4.7 - Valor económico da Floresta Portuguesa	48
4.8 - Oportunidades e fragilidades do coberto florestal Português	51
4.9 - Gestão Territorial	53
4.10 - Globalização e riscos de mercado	53

4.11 - Processo fotossintético	56
4.12 – Biomassa	57
4.12.1 - Avaliação dos resíduos de biomassa	60
4.12.2 - Sistemas de exploração para aproveitamento de biomassa	62
4.12.3. - Sistemas logísticos de processamento de biomassa	63
4.12.4. - Composição da biomassa florestal	64
4.12.5 - Combustão de biomassa	65
4.12.5.1 – Poluentes	67
4.12.6 – Humidade da biomassa	69
4.12.7 –Limitações da biomassa florestal	70
4.12.8 - Vantagens da biomassa para produção de energia	71

CAPÍTULO 5

5 – Agentes bióticos nocivos	73
5.1 - Estado fitossanitário do pinhal	73
5.2 – Nemátodo	75
5.2.1 - Nemátodo da madeira de pinheiro	76
5.2.2 – Biologia	77
5.3 - Biologia do insecto vector	80
5.4 - Transmissão e dispersão do NMP	83
5.5 - Sintomatologia do NMP em coníferas	86
5.6 - Medidas de controlo e combate à doença	87
5.6.1 – Resultados	91

CAPÍTULO 6

6 – Peletes de biomassa florestal	93
6.1 - Características dos Peletes	95
6.2 - Peletes vs estilha de madeira	99
6.3 – Elementos a considerar na matéria-prima	101
6.4 - Tecnologia e processo de peletização	101

6.4.1 - Recepção da matéria-prima	103
6.4.2 - Preparação da Fibra	103
6.4.3 – Estilhamento	103
6.4.4 – Homogeneização	105
6.4.5 – Secagem	106
6.4.6 - Peletizador	107
6.4.6.1 - Sistema de alimentação de matéria-prima	107
6.4.6.2 - Câmara de mistura	108
6.4.6.3 – Matriz e rolos de pressão	108
6.4.6.3.1 - Máquina peletizadora com matriz do tipo cilíndrica vertical (anel)	111
6.4.6.3.2 - Máquina peletizadora com matriz plana (disco)	112
6.5 – Arrefecimento	115
6.6 - Separação de finos	115
6.7 - Armazenagem/Empacotador	116
6.8 – Distribuição/Transporte	116
6.9 - Balanço energético	118
6.10 - Instalação de uma fábrica de peletes	119
6.10.1 - Activos Fixos	120
6.10.2 - Custos operacionais	120
6.10.2.1 - Custos directos	120
6.10.2.2 - Custos Indirectos	121
6.10.3 - Custos de administração e vendas	121
6.10.4 - Custos por exportação e transporte	121
6.10.5- Análise económica da instalação de uma fábrica de peletes	121

CAPÍTULO 7

7 - A crise ambiental contemporânea	127
7.1 - Impactes das alterações climáticas	129
7.2 - O efeito de estufa e as fontes antropogénicas de Emissões	130

7.3 – Acontecimentos relevantes relacionados com as questões das alterações climáticas	134
7.3.1 - Posições dos blocos dos países	141
7.4 - Protocolo de Quioto	142
7.4.1. - Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)	145
7.5 - Ecossistemas Terrestres e Balanço de Carbono	148
7.6 – Sequestro de CO ₂ pela floresta	150
7.6.1 - Controvérsias científicas sobre o sequestro florestal do carbono	152
7.7 - Mercado de Créditos de Carbono	154
7.7.1 - A questão económica e a competitividade empresarial	155
7.7.2 - Mecanismos de Flexibilização	156
7.7.2.1 - Comércio de Emissões	157
7.7.2.2- Mecanismos baseados em projectos	159
7.7.2.2.1 - Projectos de Implementação Conjunta (IC)	160
7.7.2.2.2 - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)	160
7.7.2.2.3 - Documento de Concepção do Projecto	162
7.7.2.2.4 - Linha de base	162
7.7.2.2 5 – Validação	163
7.7.2.2.6 - Aprovação do país hospedeiro	164
7.7.2.2.7 – Registo	164
7.7.2.2.8 – Monitorização	164
7.7.2.2.9 - Verificação / Certificação	165
7.7.2.2.10 - Emissão das CER's	165
7.7.3 – Elementos a contemplar no projecto MDL	165
7.7.3.1 - Custos de transacção	165
7.7.3.2 - Fundo para adaptação	165
7.7.3.3 – Grupos de interesse	166
7.7.3.4 - Limite do projecto	166
7.7.3.6 - Perdas	166
7.7.3.7 - Período de crédito	166



7.7.4 - Instituições relacionadas ao MDL	167
7.7.5 - LULUCF – (Uso da terra e mudança do uso da terra e floresta)	168
 CAPÍTULO 8	
8 – Conclusões	172
 CAPÍTULO 9	
9 – Referências Bibliográficas	179

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

Figura 1 – Dimensão ambiental, económica e social do desenvolvimento sustentável.	24
Figura 2 – Estratégia para o desenvolvimento sustentável.	25
Figura 3 – Intensidade energética do PIB	26
Figura 4 - Variação do peso da importação de energia no PIB	27
Figura 5 – Origem da energia eléctrica produzida em Portugal	29
Figura 6 – Ambição das energias renováveis 2010	29
Figura 7 – Rendimentos associados a várias utilizações da biomassa	34

CAPÍTULO 4

Figura 8 – Funções dos espaços silvestres.	37
Figura 9 – Taxa de arborização por concelho.	45
Figura 10 – Área florestal por espécie.	46
Figura 11 - Rendimento fundiário e empresarial anual	49
Figura 12 – Evolução das exportações e importações das fileiras florestais, em euros a preços constantes, utilizando o Índice de Preços ao Consumidor	49
Figura 13 - Comparação do valor económico total do sector florestal em Portugal, Espanha e Marrocos	50
Figura 14 – Evolução dos preços de madeira de pinho e eucalipto para tritar	54
Figura 15 – Evolução dos preços de madeira de pinho em pé para serração.	54
Figura 16 – Diferenciação segundo as normas CEN/EU, dos dois produtos Biomassa.	58
Figura 17 – Produtos segundo classes de tamanho.	59
Figura 18 – Influência do teor de humidade no poder calorífico da biomassa.	69

CAPÍTULO 5

Figura 19 – Fotos de ampliação microscópica de <i>Bursaphelenchus xilophilus</i>	80
Figura 20 - Vector - <i>Monochamus galloprovincialis</i>	81
Figura 21 – <i>M. galloprovincialis</i> , postura de ovos , alimentação, ferida , galeria em ramo de <i>P. pinaster</i> , larva na galeria sub-cortical, maturação larvar, pupal na câmara pupal na madeira, emergência	83
Figura 22 – Esquema simplificado da interacção entre o insecto vector, o nemátodo da Madeira de pinheiro e o hospedeiro	85

Figura 23 – Fotos da evolução e sintomatologia de NMP em pinheiro	87
Figura 24 – Estratégia Fitossanitária adoptada em Portugal.	89
Figura 25 - Evolução da Zona de Restrição e da Zona Afectada	91

CAPÍTULO 6

Figura 26 – Peletes (I) e estilha (II).	100
Figura 27 – Principais operações da produção de peletes de madeira.	102
Figura 28 - Madeira preparada mecanicamente.	103
Figura 29 – Aspectos do Funcionamento de um estilhador de facas e do produto final produzido	104
Figura 30 – Aspectos do Funcionamento de um estilhador de martelos	104
Figura 31 - Martelo triturador, Hammer Mill modelo DFZC.	105
Figura 32 - Secador do tipo Tambor Rotativo	106
Figura 33 – Esquema de compressão	109
Figura 34 - Rolos de pressão.	110
Figura 35 - Maquinaria principal de peletização, alimentada directamente desde o moinho de trituração	110
Figura 36 - Matriz do tipo cilíndrica vertical, vista lateral.	111
Figura 37 - Matriz do tipo cilíndrica vertical, vista frontal	111
Figura 38 – Máquina peletizadora de matriz cilíndrica vertical.	112
Figura 39 - Matriz plana	113
Figura 40 - Esquema de funcionamento Máquina peletizadora com matriz plana	114
Figura 41 – Arrefecedor	115
Figura 42 - Empacotador de peletes, em sacos de papel	116
Figura 43 - Diagrama do sistema de distribuição dos peletes aos consumidores	117

CAPÍTULO 7

Figura 44 - Evolução da concentração de dióxido de carbono	128
Figura 45 – Estratégia de protecção do sistema climático	130
Figura 46 – Efeito de estufa.	131
Figura 47 - Enquadramento institucional das alterações climáticas	140
Figura 48 - Principais fontes de emissão de gases de efeito de estufa	144
Figura 49 – Evolução prevista dos sectores da sociedade	146
Figura 50 – Ciclo de carbono	149
Figura 51 - Funcionalidade e participantes dos três mecanismos de flexibilização propostos pelo Tratado de Quioto.	157

Figura 52 - Ilustração do funcionamento do Comércio de Emissões (CE), proposto pelo Tratado de Quioto.	158
Figura 53 - Ilustração do conceito das reduções de emissões.	160
Figura 54 – Ciclo de projecto do MDL para obtenção de CER's	161
Figura 55 - Conceito de adicionalidade e linha de base	163

ÍNDICE DE QUADROS

CAPÍTULO 3

Quadro 1 -Saldo importador 2004/06	27
Quadro 2 - Peso da energia no PIB	27
Quadro 3 - Total de Energia Consumida, por Combustível na UE-25 (103 TEP).	28

CAPÍTULO 4

Quadro 4 – Indicadores económicos	51
Quadro 5 - Biomassa florestal disponível	61
Quadro 6 - . Densidade e estimativa de resíduos produzidos para o pinheiro, por área e por ano	61
Quadro 7 – Principais fontes de emissões poluentes da combustão da biomassa	68

CAPÍTULO 5

Quadro 8 – Actuação do PROLUNP	92
---------------------------------------	----

CAPÍTULO 6

Quadro 9 - Características físicas e parâmetros de fabrico dos peletes madeira	96
Quadro 10 - Comparação peletes estilha	100
Quadro 11 - Exemplo de um balanço de energia para produção de 300 toneladas por dia de peletes	119

CAPÍTULO 7

Quadro 12 - Concentração Atmosférica Global (ppm caso não especificado de forma diferente) e Tempo de Vida na Atmosfera (anos) de GEE	132
Quadro 13 - Aumento das concentrações, contribuição para o aquecimento global e principais causas	133
Quadro 14 – Compromissos assumidos pelos Estados Membros	143
Quadro 15 – Balanço nacional líquido de emissões de GEE com medidas adicionais e contribuição das alterações do uso do solo e floresta	147
Quadro 16 - Síntese das actividades de uso da terra (LULUCF) elegíveis e não elegíveis ao MDL	169

CAPÍTULO 1

1 - Introdução

Uma das mais graves ameaças que a humanidade atravessa é o aquecimento global causado pelo aumento da concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE), na atmosfera.

O dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso, cuja concentração tem aumentado, são os gases que mais contribuem para o efeito de estufa. No entanto, devido à grande quantidade emitida, o dióxido de carbono (CO₂) é o gás que apresenta maior contribuição para o aquecimento global. A elevação da temperatura da Terra provocará um aumento no nível dos mares e alteração na variabilidade de eventos hidrológicos, colocando em risco a vida no planeta.

Um sinal de que a Comunidade Internacional se preocupa com estas alterações ocorreu na Convenção de Mudança Climática, que ocorreu na cidade do Rio de Janeiro, onde as Nações se comprometeram a ratificar uma Convenção para criar mecanismos que diminuíssem as emissões dos gases causadores do efeito de estufa.

Uma alternativa viável para amenizar o agravamento deste processo consiste no armazenamento do carbono atmosférico a partir da reflorestação em larga escala.

Os vegetais, através do processo fotossintético, fixam o CO₂ atmosférico, biossintetizando-o na forma de carboidratos, sendo por fim depositado na parede celular. Este processo é conhecido como “sequestro” de carbono.

Por outro lado, os recursos renováveis constituídos por materiais orgânicos, em contraposição aos recursos fósseis, requerem muito menos energia para a sua extracção, processamento e venda, consequentemente, as emissões de dióxido de carbono e de outros poluentes são mais baixas.

A energia proveniente da biomassa é considerada renovável, no sentido em que toda a energia obtida da biomassa resulta de processos biológicos que aproveitam a energia solar, cujo ciclo pode ser mantido através da reflorestação. Essa energia quando não aproveitada pelos humanos acaba por retornar ao ambiente através da digestão e da putrefacção das plantas.

A biomassa, como recurso renovável que é, assume especial relevância na Estratégia Nacional para a Energia, não sendo a solução directa para substituir os combustíveis fósseis, no entanto, aparece como mais um contributo para uma política mais adequada, tanto a nível ambiental como a nível económico, para o sector energético português, permitindo a integração entre as políticas florestais e ambientais com as políticas energéticas.

A biomassa é neste momento altamente competitiva em termos do seu valor calorífico e muito mais valiosa se contabilizada à luz dos critérios de Quioto e do seu valor social.

Importa criar uma rede de abastecimento de biomassa, que estrategicamente concebida, permitirá reduzir drasticamente os incêndios florestais e resolver, em parte, os problemas fitossanitários provenientes da doença Nemátodo da Madeira do Pinheiro (NMP) redireccionando a fileira energética nacional de consumo de energia.

A utilização da madeira e subprodutos da sua transformação, como fontes de energia, permite poupar as fontes de energia não renováveis, tais como o carvão, o fuel óleo e o gás, e permite introduzir um segundo ciclo de vida para os produtos. A valorização energética destes produtos fecha o ciclo do carbono natural.

A produção de peletes pela densificação, compactação, ou aglomeração da biomassa florestal, proporciona uma série de vantagens, quando comparada com a sua utilização no estado natural, principalmente no tocante ao armazenamento, manuseamento, aumento da densidade, poder calorífico, facilidade de transporte, uniformização do material e redução substancial da acção poluidora.

CAPÍTULO 2

2 - Objectivo

A realização da presente tese, justifica-se pelo facto de actualmente estarem a ocorrer algumas situações que há poucos anos se julgavam improváveis, como é o caso do aquecimento global e a dependência energética dos combustíveis fósseis. Estes factos levaram à realização de conferências a nível global para discussão do problema, como foi Rio de Janeiro 1992, Quioto 1997 e Joanesburgo 2002. Simultaneamente, a sociedade tem vindo a ganhar uma maior consciência dos impactos dos seus actos quotidianos no equilíbrio do ecossistema, verificando-se cada vez mais a opção por soluções ecológicas.

Portugal é deficitário em combustíveis fósseis, pelo que se torna inevitável a sua importação, levando a uma dependência externa. No entanto, a situação é inversa nas fontes de energia renováveis, como é o caso da biomassa. Este cenário pode mostrar-se bastante favorável para a economia portuguesa, uma vez que existe uma grande quantidade de biomassa disponível que pode conduzir à criação de novas indústrias, capazes de explorar e rentabilizar convenientemente este recurso, como por exemplo o fabrico de combustíveis de biomassa densificada, os peletes.

Actualmente, produzem-se grandes quantidades de resíduos florestais resultantes de cortes de exploração e da erradicação do NMP, que não são aproveitados. No entanto, estes podem ser utilizados para a produção de biomassa densificada.

A presente tese tem como objectivos contribuir para o desenvolvimento do conhecimento relativo à utilização dos resíduos de biomassa no fabrico de biomassa densificada e analisar o seu desempenho energético e ambiental, quando utilizada como fonte de energia, conjugado com o mercado de créditos de carbono.

CAPÍTULO 3

3 – Energia

O mundo enfrenta actualmente uma dupla ameaça no sector da energia, a inexistência de uma oferta segura e adequada de energia a preços acessíveis e os danos infringidos ao ambiente, pelo excessivo consumo de energia.

A ascensão rápida dos preços da energia e os recentes eventos geopolíticos servem para lembrar a importância que a energia a preços acessíveis tem para o crescimento económico e o desenvolvimento humano, bem como a vulnerabilidade do sistema energético global às crises da oferta.

A protecção das fontes de energia encontra-se no topo da agenda política internacional. A conciliação dos objectivos da segurança energética e da protecção ambiental exige uma intervenção forte e coordenada por parte dos estados, juntamente com o apoio da sociedade.

O actual modelo energético mundial baseia-se fundamentalmente na utilização de combustíveis fósseis, o que se deve ao domínio tecnológico promovido por países desenvolvidos, em grande parte localizados no hemisfério norte, onde há escassez de recursos naturais de carácter renovável e grande disponibilidade de fontes energéticas de origem fóssil. O padrão de oferta de energia é acompanhado pela ameaça de danos graves e irreversíveis ao meio ambiente. A produção de energia e a sua utilização representam cerca de 80% do total das emissões de gases com efeito de estufa, que estão na origem das alterações climáticas e de grande parte da poluição atmosférica.

Portugal, tal como a Europa, está cada vez mais dependente de hidrocarbonetos importados, cerca de 85% da energia primária consumida em Portugal é importada e tem origem em combustíveis fósseis, maioritariamente do petróleo (58%), sendo o país europeu com maior dependência desta fonte (média da UE é de 40%), (DGGE, 2005).

A manter-se o actual “*status quo*”, a dependência das importações de energia aumentará, o que implica riscos políticos e económicos. A Agência Internacional da Energia (AIE) calcula que a procura global de petróleo aumentará 41%, até 2030.

Com o preço do petróleo a ultrapassar a casa dos 100 dólares/barril em 2007, a factura da energia importada da UE-27 ronda os 170 mil milhões de euros, representando um aumento anual de 350 euros para cada cidadão da EU.

Como as perspectivas actuais e futuras apontam para o esgotamento das fontes de energia não renováveis, ou seja para uma crise energética, e para a necessidade de atenuar a crise ambiental, resultante da sua excessiva utilização, torna-se urgente o aproveitamento mais eficaz e eficiente das fontes de energia renováveis.

3.1 - Sustentabilidade energética

O desenvolvimento sustentável só pode ser alcançado se a actividade económica, o meio ambiente e o bem-estar evoluírem de forma harmoniosa (figura 1).

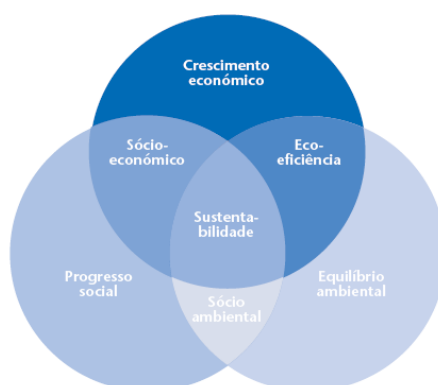


Figura 1 – Dimensão ambiental, económica e social do desenvolvimento sustentável.

O alcance do desenvolvimento sustentável, a nível energético, requer a implementação de três estratégias complementares (figura 2):

- Intensificação da eficiência energética e da cogeração;
- Aumento da utilização das energias renováveis;
- Fixação de CO₂.

Enquanto a primeira estratégia procura atenuar o crescimento da procura de energia, a segunda tem como objectivo dar resposta à satisfação da procura, utilizando de forma crescente recursos renováveis. Estas estratégias têm como objectivo principal minimizar os impactos ambientais da produção de energia.

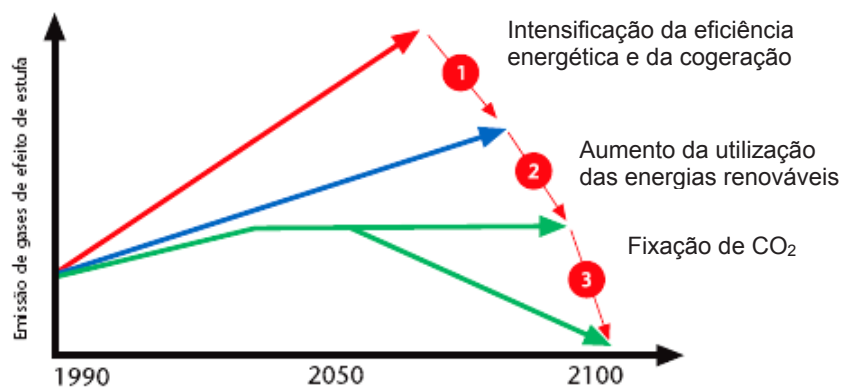


Figura 2 – Estratégia para o desenvolvimento sustentável.

As crises energéticas dos anos setenta motivaram a economia mundial a aumentar a eficiência energética, tendo sido obtidos nas últimas décadas ganhos elevados de eficiência. Como complemento ao incremento da eficiência energética, surge a produção de energia com base na cogeração, uma técnica que permite utilizar um processo único para produção de energia térmica e de electricidade.

3.2 – Objectivos do mercado energético

Num verdadeiro mercado da energia é essencial atingir três objectivos energéticos:

- Competitividade: um mercado competitivo diminuirá os custos para os cidadãos e para as empresas e incentivará a eficiência energética e o investimento.
- Sustentabilidade: um mercado competitivo é vital para permitir que a aplicação efectiva de instrumentos económicos, como o mecanismo de comércio de emissões, funcione correctamente. Além disso, os operadores de redes de transporte devem ter interesse em promover conexões graças à produção sustentável, produção combinada de calor e electricidade e microgeração, incentivando a inovação e encorajando as pequenas empresas e os indivíduos a considerar a possibilidade de aprovisionamento não convencional.
- Segurança do aprovisionamento: um mercado interno da energia que funcione eficazmente e seja competitivo pode trazer grandes vantagens em termos de segurança do aprovisionamento e normas elevadas de serviço público. Com incentivos reais para que as empresas invistam em novas infra-estruturas,

capacidades de interconexão e novas capacidades de geração, podem evitar-se cortes totais de electricidade e aumentos desnecessários dos preços.

3.3 - Consumos Energéticos

De acordo com a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável 2005-2015, Portugal apresenta consumos de energia per capita que representam cerca de metade da média europeia. No entanto, Portugal encontra-se na cauda do pelotão Europeu, no que toca à gestão energética, o aspecto que mais contribui para tal é a baixa eficiência no uso da energia, pois o PIB cresce a uma taxa inferior à do aumento do consumo de energia, o que faz com que o nosso país apresente um agravamento da intensidade energética na sua economia (rácio do consumo de energia pelo produto interno bruto), contrariamente à generalidade dos países da União Europeia (figura 3).

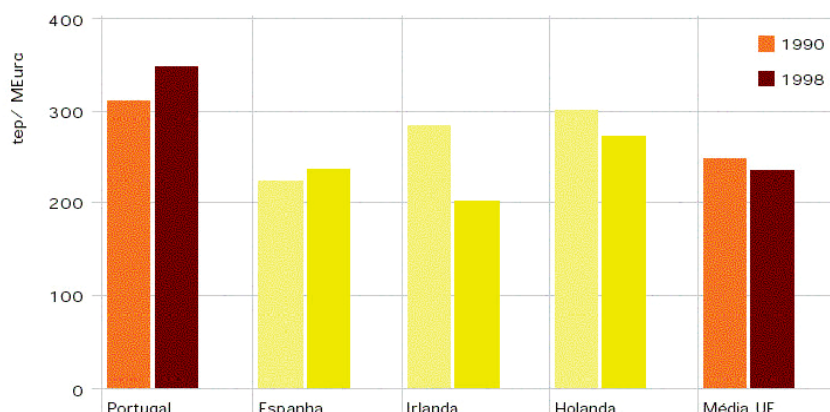


Figura 3 – Intensidade energética do PIB (Aguiar, R., 2006).

Portugal possui um PIB baixo, logo, para criar a mesma quantidade de riqueza que os seus parceiros comunitários, necessita de consumir maior quantidade de energia. Esta situação é preocupante dada a nossa elevada dependência externa em energia e a necessidade de reduzir as emissões de CO₂ para a atmosfera, para cumprir as metas estabelecidas pelo Protocolo de Quito.

Em 2001, o nosso país importou 84% da energia que consumiu, o que se traduziu num gasto de recursos financeiros com impacte negativo na balança

comercial e numa ameaça estratégica, uma vez que nestas circunstâncias Portugal está à “mercê” de vontades políticas e estratégicas que lhe são alheias.

No ano de 2002, foram importadas $17,5 \times 10^6$ t de hulha, antracite, petróleo e gás natural, representando um gasto de $2,4 \times 10^9$ €. Em termos percentuais, a maior parcela pertence ao gás natural e petróleo (cerca de 67%), seguida da hulha, (cerca de 32%) e antracite (1,2%), (DGGE, 2006).

Período Unidade	2004	2005	2005/2004	2006	2006/2005
10^6 €	3799	5514	45%	5901	7%

Quadro 1 -Saldo importador 2004/06, (DGGE, 2006).

	Débito (milhões de euros)	Crédito (milhões de euros)	Saldo (milhões de euros)
Energia (Total)	7840 (15%)	1331(5,6%)	- 5901

Quadro 2 - Peso da energia no PIB , (DGGE, 2006).

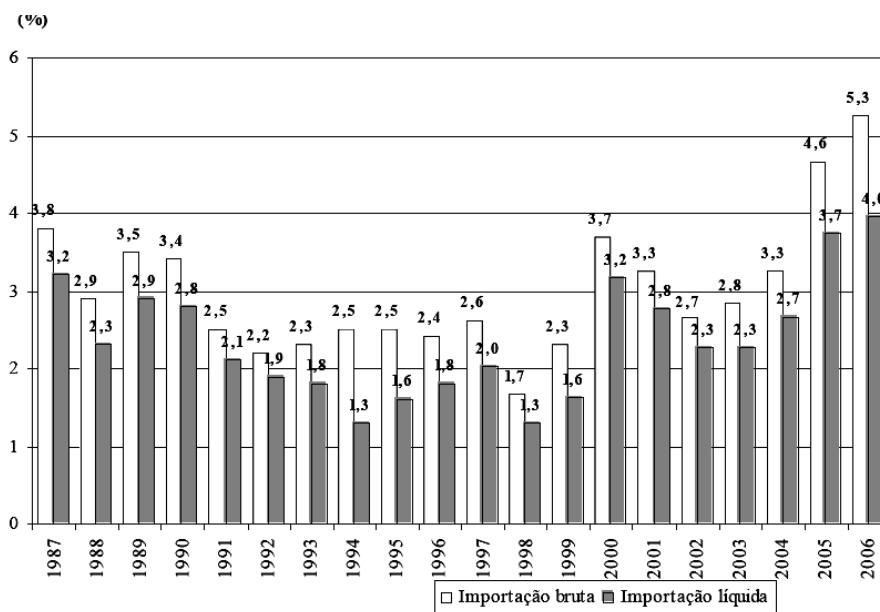


Figura 4 - Variação do peso da importação de energia no PIB, (DGGE, 2006).

A dependência energética relativamente aos combustíveis fósseis não é uma característica exclusiva de Portugal. A EU no seu conjunto é responsável pelo consumo de 14% a 15% de energia, apesar de representar apenas 6% da população

mundial. Este consumo representa 19% de todo o petróleo consumido no mundo, 16% do gás natural, 10% de carvão e 35% do urânio (Costa, 2007).

O total de energia consumida na Europa tem sido, aproximadamente, constante, havendo apenas um ligeiro aumento do consumo de gás, em detrimento do consumo de carvão. Quanto à produção de energia a partir de fontes renováveis, verifica-se no Quadro 3 que, apesar desta ter vindo a aumentar, ainda representa valores baixos quando comparadas com as restantes fontes de energia e em especial quando comparada com os combustíveis fósseis.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Carvão e Linhite	350	345	347	333	323	299	306	307	305	314
Petróleo	614	622	636	636	652	646	636	649	641	646
Gás	285	309	342	339	352	366	377	388	389	408
Nuclear	214	219	228	230	230	238	238	246	249	251
Renováveis	77	80	82	85	88	90	93	97	95	103
Outras	4	4	2	3	3	4	5	4	5	3

Quadro 3 – Total de Energia Consumida, por Combustível na UE-25 (10^3 tep), (Costa, 2007).

O consumo de energia em Portugal tem aumentado nos últimos anos. Quase metade desse aumento de consumo de energia é canalizada para a produção de electricidade e um quinto desta destina-se aos meios de transporte (quase totalmente sob a forma de derivados de petróleo).

Segundo dados da Direcção-Geral de Geologia e Energia (2005), cerca de 3×10^6 tep de carvão (o equivalente a cerca de $4,5 \times 10^6$ toneladas) foram utilizados para a produção de 33 000 GWh de energia eléctrica, de modo a satisfazer as necessidades dos sectores comerciais, industrial, residencial e transportes. Efectivamente, sem contabilizar as importações, a mesma Direcção-Geral (2005) considera que 60,1% da energia eléctrica produzida em Portugal deriva da queima de combustíveis fósseis, 27,5% resulta da produção em centrais hidroeléctricas e apenas 12,4% deriva de outras fontes, como a biomassa, eólica, geotérmica e fotovoltaica. O gráfico, que se segue, apresenta a produção nacional de energia eléctrica no período de 1994 a 2003.

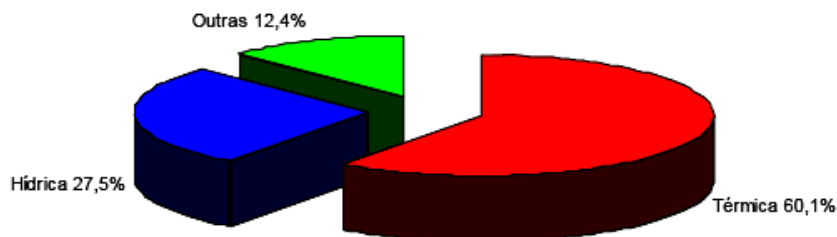


Figura 5 – Origem da energia eléctrica produzida em Portugal (DGGE, 2005).

3.4 - Energias Renováveis

A produção de energia a partir de fontes renováveis assume grande importância geoestratégica e está em consonância com o objectivo da política energética comunitária de redução da dependência do petróleo. O incremento na utilização de fontes de energia renováveis irá igualmente contribuir para atingir os compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto, redução das emissões de gases com efeitos de estufa (GEE), cujas medidas são concretizadas em Portugal pelo Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC).

Num contexto de desenvolvimento sustentável será necessário apostar em energias renováveis, tal como já foi referido. Tendo em conta este objectivo, a UE elaborou o livro branco sobre energias para o futuro, e assumiu o compromisso de até 2010 duplicar a utilização de fontes de energia renováveis, aumentando para 12% a participação destas energias no balanço energético, através da produção de 22,1% de electricidade a partir das fontes de energia renováveis. Portugal assumiu o compromisso de, em 2010, produzir 39% da electricidade final a partir de fontes renováveis de energia, entre as quais Biomassa, com 150MW.

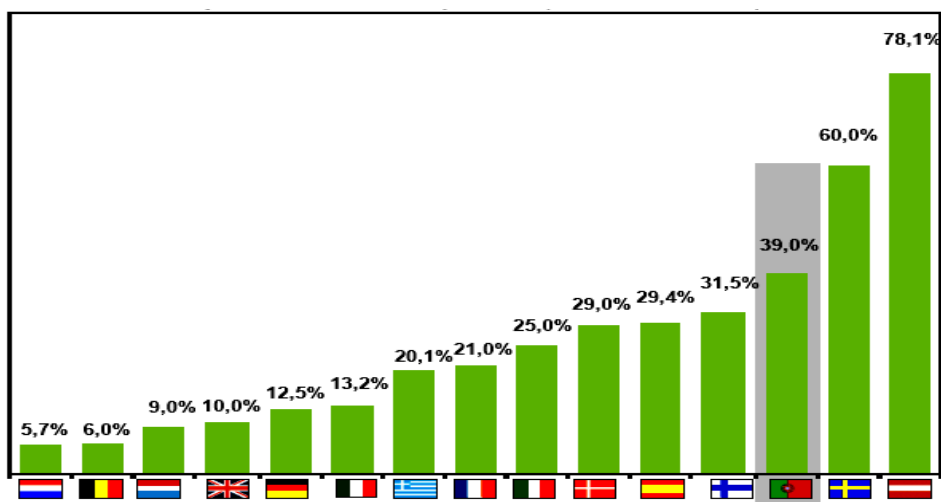


Figura 6 – Ambição das energias renováveis 2010, (DGGE, 2005).

Esta meta não será fácil de atingir, uma vez que a taxa de crescimento do consumo de electricidade (entre 5 a 6%/ano, em média) é superior à capacidade de incremento da produção a partir de fontes renováveis. Por outro lado o caminho está facilitado atendendo aos concursos lançados e a lançar no campo das fontes renováveis.

A utilização de energias renováveis, apresenta ainda como vantagens o aumento da diversidade de oferta de energia, a produção de energia sustentável a longo prazo, a criação de oportunidades de emprego, o desenvolvimento económico local e a diminuição das importações de combustíveis convencionais.

3.4.1. Promoção das fontes de energia renováveis

A promoção das energias renováveis encontra grande resistência por parte do sector da oferta tradicional e das políticas vigentes, tais como, o baixo preço da energia tradicional face às alternativas, que é alcançado, ao não internalizar os seus custos ambientais de produção e influencia das políticas pelos actores que têm interesses no sector da oferta, que pelo grande poder económico, podem exercer pressão sobre os órgãos decisores do Estado.

Do ponto de vista do Estado, o investimento nas energias renováveis irá diminuir a necessidade de energia exógena (que tão onerosa é para a nossa economia) e criar-se-ão novas oportunidades de negócio, de emprego e um avanço tecnológico, a juntar a estas vantagens económicas, haverá também uma melhoria da saúde pública em geral, visto que as emissões gasosas serão mais reduzidas, facto que diminuirá os encargos do Estado no sector da saúde.

A produção independente de energia eléctrica a partir de recursos naturais renováveis – por qualquer pessoa singular ou colectiva, de direito publico ou privado, independentemente da forma jurídica que assuma – foi regulamentada por sucessivos diplomas legais, nomeadamente pelos:

- Decreto-Lei nº 189/88, de 27 de Maio;
- Decreto-Lei nº 168/99, de 18 de Maio;
- Decreto-Lei nº 339-C/2001, de 29 de Dezembro;
- Portaria nº 295/2002, de 19 de Março;

-Resolução do Conselho de Ministros n.º 63/2003, de 13 de Junho, aprova as orientações da política energética portuguesa e revoga a RCM n.º154/2001, de 19 de Outubro. Estabelece os grandes objectivos e as principais medidas para os alcançar, nomeadamente sobre a mudança de comportamentos por parte dos consumidores e dos produtores de energia e sobre a problemática da eficiência energética, assumindo ainda um dos grandes desafios, o aumento da participação das energias renováveis na oferta, assente na utilização de recursos energéticos endógenos. Esta RCM, também estabelece metas indicativas para a produção de energia eléctrica a partir das fontes de energia renováveis;

- Decreto-Lei n.º 33-A/2005, de 16 de Fevereiro, altera o Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de Maio. Revê os factores para o cálculo do valor da remuneração pelo fornecimento da energia, produzida em centrais renováveis, entregue à rede do Sistema Eléctrico Português (SEP) e define procedimentos para atribuição de potência disponível na mesma rede e prazos para a obtenção da licença de estabelecimento para centrais renováveis.

O tarifário de venda eléctrica de fontes de energia renováveis, nas sucessivas formulações, contempla:

-Os custos do primeiro investimento, evitados com a entrada alternativa em serviço da nova central electroprodutora;

-Os custos de aquisição e transporte do combustível e da operação, evitados com a entrada em exploração da nova central;

-Os prejuízos de natureza ambiental (emissões de CO₂) evitados pelo uso de recursos naturais endógenos na nova central.

As centrais renováveis licenciadas ao abrigo da legislação antes mencionada são remuneradas, pelo fornecimento de energia entregue à rede, através da fórmula seguinte:

$$VDR_m = [KMHO_m \times [PF(VRD)_m + PV(VDR)_m] + PA(VDR)_m \times Z] \times \frac{IPC_{m-1}}{IPC_{ref}} \times \frac{1}{1 - LEV}$$

Em que:

VDR_m = remuneração aplicável ao mês m;

$KMHO_m$ = coeficiente que modula as parcelas fixas, variável e ambiental em função do posto horário em que a energia tenha sido fornecida;

$PF(VRD)_m$ = parcela fixa de remuneração (potencial) aplicável no mês m;

$PV(VDR)_m$ = parcela da variável da remuneração (energia) aplicável no mês m;

$PA(VDR)_m$ = parcela ambiental da remuneração aplicável no mês m ;

Z = coeficiente adicional que traduz as características do recurso e da tecnologia utilizada;

IPC_{m-1} = índice de preço no consumidor, sem habitação, no continente no mês $m-1$;

IPC_{ref} = índice de preço no consumidor, sem habitação, no continente no mês anterior ao do início de fornecimento de energia a rede;

LEV = perdas nas redes de transporte e distribuição evitadas pela central;

Na fórmula de cálculo do tarifário assumem maior relevância:

- A parcela fixa, que corresponde ao investimento em meios de produção cuja construção é evitada pela instalação da central renovável – considerando um custo unitário de 5,44 €/kW/mês – e a contribuição dessa central para a garantia de potência proporcionada pela rede pública – tomando por referência 576 horas mensais.

- A parcela variável que corresponde aos custos de exploração dos meios alternativos de produção cuja construção é evitada – os quais assumem o valor unitário de 0,036 €/kWh.

O cálculo da parcela ambiental baseia-se na valorização unitária de dióxido de carbono que seria emitido pelos meios de produção cuja construção é evitada, considerando os valores de 370 g/gWh e 0,02 €/kg CO₂.

As energias renováveis apresentam como impactes positivos:

- a ausência de emissões gasosas de CO₂ (1 MW Termoeléctrico = emissão anual de 2 250 t de CO₂ recuperáveis por 400 ha de floresta);

- a diminuição do risco inerente ao transporte marítimo e terrestre dos combustíveis fósseis utilizados em alternativa;

- a inexistência de resíduos de efeitos poluentes e de interferência significativas com ecossistemas envolvidas.

No início de 2005, foram actualizados os valores de remuneração de electricidade produzida a partir de recursos renováveis, nomeadamente através dum tarifário, que aumentou cerca de 39%, no caso da biomassa. Este aumento da tarifa, ao passar de 67 €/MWh produzido para 105 €/MWh, tem como objectivo atingir a meta de 150 MW de energia eléctrica produzida por esta fonte em 2010

3.5 - Aproveitamento de biomassa florestal para produção de energia

Actualmente, em todo o Mundo, milhões de pessoas utilizam a biomassa como fonte de energia, principalmente nos países em vias de desenvolvimento, no entanto uma grande parte é utilizada em processos simples, poluidores e ineficazes em termos energéticos.

Na União Europeia, a utilização da biomassa no ano 2000 correspondia a 3% das necessidades energéticas, ou seja, cerca de 45 Mtep. No entanto, tal como consta do documento 'White paper: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy', um dos objectivos prioritários é o aumento da utilização desta fonte de energia em mais 90Mtep até 2010 e se tal objectivo for cumprido, a biomassa irá contribuir com cerca de 50% das fontes de energia renováveis (CE, 2001).

O aproveitamento da biomassa florestal deverá constituir uma das prioridades da política energética, sobretudo em sociedades que não dispõem de combustíveis fósseis, como é o caso de Portugal. Esta opção fará ainda maior sentido nas situações onde o combustível aparece como resíduo de algumas matérias lenhosas.

A biomassa constitui uma fonte renovável de produção energética para a produção de electricidade ou calor, sendo muito variado o leque de produtos utilizáveis para este fim, oriundos em larga medida da actividade agrícola e silvícola, entre os quais os produtos e subprodutos da floresta e resíduos da indústria da madeira. Quando utilizada para aquecimento ambiente (a nível doméstico) ou produção de electricidade (a nível industrial), o rendimento obtido varia largamente com a forma da biomassa e, em especial, com a tecnologia utilizada para a sua conversão em calor ou electricidade. Mais concretamente, no aquecimento os rendimentos no consumidor podem variar entre 15 e 90% e na produção de electricidade entre 20 e 30%, ou 60%.

Por razões de fiabilidade no abastecimento de electricidade é desejável um forte incremento das centrais de biomassa que poderiam utilizar os mais de 2 milhões de toneladas de resíduos florestais gerados anualmente na floresta em Portugal, com externalidades muito positivas (aproveitamento do material lenhoso proveniente de problemas fitossanitários, redução acentuada do risco de incêndios, com a limpeza das florestas, aproveitamento dos resíduos de exploração e dinamização da economia florestal), e as várias políticas ambientais europeias ou globais a que Portugal aderiu torna urgente a investigação de processos para a

adopção de tecnologias utilizadoras da biomassa florestal para a produção localizada de energia.

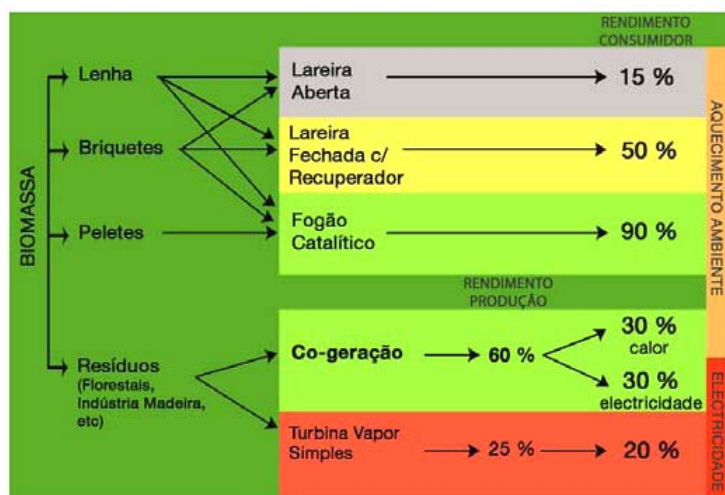


Figura 7 – Rendimentos associados a várias utilizações da biomassa (Ibrahim, G., 2007).

No que refere ao uso de biomassa para produção de energia, e no âmbito da prioridade aos métodos e às tecnologias mais eficientes no uso da energia, saliente-se que as centrais dedicadas exclusivamente à produção de electricidade não permitem rendimentos efectivos superiores a 25%, enquanto a utilização da biomassa para cogeração baseada na utilização útil da energia térmica permite eficiências globais superiores a 60% (figura 7). Neste sentido deverá ser privilegiada, sempre que possível, a cogeração, tanto na indústria como nos serviços (quando for relevante o consumo de energia térmica).

A viabilidade da utilização de resíduos da biomassa para fins de geração de energia eléctrica requer uma avaliação de toda a cadeia produtiva da energia gerada por biomassa, dentro do conceito denominado Life Cycle Inventory (LCI), ou seja, deve englobar os custos globais de recolha, estilhaçamento, transporte e geração de energia.

CAPÍTULO 4

4 – Floresta

4.1 - Evolução no tempo

O crescimento e a disseminação das espécies arbóreas na superfície do planeta estão directamente ligados à disponibilidade de energia radiante, ao volume e distribuição da precipitação ao longo das estações e às características físicas e químicas do solo nas diferentes regiões geográficas.

A disponibilidade de energia está relacionada com a localização dos continentes e dos oceanos em relação ao equador e também com os movimentos da Terra em relação ao Sol. Estes factores dão origem às variações sazonais bem demarcadas, à disponibilidade de energia radiante, com reflexos directos na duração dos dias e das noites e na temperatura, além de inúmeros fenómenos climáticos tais como a evaporação da água e movimentação das massas de ar. Estas complexas interacções resultam na formação de regiões geográficas bem definidas.

Dentro da ampla gama de variações de temperatura, luminosidade, precipitação pluviométrica e características edáficas, desenvolveram-se ao longo do tempo inúmeras espécies de plantas e de animais adaptadas a diferentes habitats, dando origem a diferentes biomas. Deve ser assinalado, entretanto, que estas áreas estão hoje fortemente alteradas e reduzidas na sua extensão, pela actividade humana, devido essencialmente, à expansão das fronteiras agrícolas e à crescente urbanização.

As áreas de florestas que recobrem, actualmente, cerca de 30% da superfície do globo, constituem o mais importante conjunto de biomas terrestres, devido à sua distribuição geográfica, biodiversidade e belezas cénicas.

De todos os ecossistemas florestais do mundo são incontestavelmente os das regiões mediterrâneas os que sofreram maiores maus-tratos provocados pelo homem. A floresta mediterrânea, pouco a pouco, perdeu as suas características próprias e foi dando lugar a ecossistemas degradados de formações arbustivas de folha persistente onde a vegetação constituída por espécies xerófitas não forma um

coberto contínuo, mas antes, deixa largas áreas desnudadas onde a erosão do solo faz aflorar a rocha.

Em Portugal, o avanço das terras de cultura (factor principal de desflorestação), o apascentamento em zonas florestais, o sobrepastoreio, a extracção de madeiras, a utilização da lenha e do carvão como meios energéticos, foram aspectos que tomaram formas graves entre os séculos XVI e XIX.

O homem português queimou, arroteou, maltratou o património pedológico, abusou de culturas esgotantes e, através da célebre “campanha do trigo” dos anos 30, erosionou Portugal de Norte a Sul .

A introdução de diversas espécies florestais, com fins lucrativos em detrimento da preservação do ambiente, deu, ao nosso país o cariz actual, com laivos de polémica que não se devem ignorar .

A falta de um adequado plano de ordenamento do território e uma agricultura pouco esclarecida e antiquada em muito justificarão o evidente depauperamento do solo.

4.2 - Funções

As funções da floresta são:

- Protecção do ambiente em geral e da agricultura em especial;
- Produção principalmente a nível da madeira, da lenha, da energia mas também da alimentação;
- Desenvolvimento do bem-estar das populações, nomeadamente, em matéria de recreio.

É óbvio que o peso relativo destas funções varia segundo as regiões, sendo influenciado pelas condições naturais, técnicas, demográficas, sociais e económicas e evoluindo no tempo em função das circunstâncias.

Na protecção do ambiente em geral, o papel da floresta exerce-se através da sua acção de: produção de oxigénio e filtração de ar; regulação do regime hidrológico; domínio do ciclo do dióxido de carbono e consequentemente, da regularização da temperatura; protecção e de estabilidade dos solos; conservação da flora e da fauna; protecção dos patrimónios naturais especialmente as paisagens.



Figura 8 – Funções dos espaços silvestres.

4.3 – Organismos e Programas que estiveram na base da florestação de Portugal

Luís Quartin Graça, secretário de estado da Agricultura escreveu em 1960 no prefácio da publicação “75 anos de actividade na arborização das serras”, elaborada por João Mendonça e publicada em 1961: “... a obra realizada pelos serviços florestais, se é bem conhecida de muitos, precisa sê-lo mais ainda, para ser integralmente apreciada e merecer a compreensão e o amparo de todos os portugueses”.

Ora esta preocupação, embora num contexto político-filosófico diferente, poderá servir para a actualidade. Dado o papel complexo e tão importante que actualmente se exige das florestas, deverá ser explicado, compreendido e valorizado pela comunidade nas suas três valências: económica, social e ambiental.

Assim, far-se-á a ordenação, em termos cronológicos, dos acontecimentos florestais mais importantes, diplomas legislativos e programas, de forma a compreender a situação actual da florestal nacional e os problemas, avanços e recuos, porque passou a arborização.

No fim da década de 70 quando o país perspectivava o pedido de adesão à Comunidade Económica Europeia, cuja entrada seria só em 1986, apareceram com redobrada intensidade os argumentos a favor da “vocação florestal” do país, baseado na sua variedade edafo-climática e nas perspectivas do Mercado Europeu. Este desafio implicou um melhor ordenamento e utilização de território e a intensificação da arborização e da produção industrial.

Por DL nº78/77 de 25 de Setembro extinguiu-se o Fundo de Fomento Florestal (FFF), cujas atribuições transitaram para a então criada Direcção Geral de Fomento Florestal (DGFF).

Em 1981, iniciou-se um grande programa florestal nacional, tratou-se do Projecto Florestal Português (PFP/BM), que resultou de um empréstimo acordado entre o Estado Português e o Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), ao abrigo da Lei nº44/80 de 20 de Agosto. Este programa teve como principal objectivo, tentar superar as carências previsíveis em madeira nas indústrias florestais. Teve ainda, outros objectivos como o funcionamento de linhas de crédito de investimento, comercialização para cooperativas e associações florestais, em regime de projectos pilotos e finalmente a instalação de um serviço de extensão florestal que não se veio a concretizar.

As acções que se levaram a cabo foram a arborização florestal de 150 000 hectares com as respectivas infra-estruturas, em que o Estado teve a seu cargo 90 000 hectares, através da DGFF, da DGOGF e a Portucel EP 60000 hectares. A sua duração foi de cinco anos (1981/86).

Em 1983, através do DL nº293/83 de 27 de Julho, foi aprovada a lei orgânica do Ministério da Agricultura Comércio e Pescas. Foi criada a Direcção Geral das Florestas (DGF), extinguindo-se ao mesmo tempo as duas Direcções Gerais anteriores.

Apesar de extinta, a estrutura da ex-DGFF, nomeadamente a II Brigada de Arborização de Bragança continuou a sua acção, até cumprimento do contrato entre o estado e o BIRD. A sua acção, que já vinha do FFF, foi relevante com a arborização de cerca de 243 000 hectares (60 000 hectares no PFP), a produção de 97 milhões de hectares de plantas e a instalação de cerca de 60 000 hectares de pastagens (IF, 1994).

Em 1986, o DL nº51/86 de 6 de Outubro aprovou a Lei Orgânica da DGF. Foi definida como um serviço central especializado na “concepção, coordenação e apoio na definição e implementação da política sectorial”. Esta previu alargar a sua acção com uma adequada descentralização de competências, nas circunscrições florestais. Esteve dotada de autonomia financeira. Teve por objectivo (art. 1º), contribuir para a definição da política florestal, assegurar a gestão dos recursos florestais,

silvopastoris, cinegéticos e apícolas, das áreas públicas e a gestão dos recursos de outras entidades.

A realização do 1º Congresso Florestal Nacional em Lisboa ocorreu entre 2 e 6 de Dezembro de 1986. Das suas conclusões e recomendações salientam-se a forma de ultrapassar a polémica “ambiente-economia” e a necessidade de pôr em prática uma silvicultura que não ponha em causa a estabilidade do mosaico do ecossistema.

O reconhecimento de que o desenvolvimento florestal do país, depende da existência de uma política florestal, na qual o apoio à floresta privada, deverá ser um objectivo prioritário, com forte empenho da administração pública.

Em 1988, saiu um “pacote florestal” com um conjunto de diplomas que actualizam várias normas. É de salientar que pela primeira vez se exigiram estudos de “impacte ambiental” para projectos florestais (DL nº175/88 de 17 de Maio).

Enquadrado no Programa Específico de Desenvolvimento da Agricultura Portuguesa (PEDAP), cujo objectivo foi o estabelecimento de uma acção comum, visando a melhoria no conjunto da situação estrutural do sector agrário, surgiu o Programa de Acção Florestal (PAF). Reconheceu-se assim, a importância florestal na agricultura comunitária, como actividade económica e alternativa às actividades agrícolas tradicionais. As medidas de aplicação foram feitas através do DL nº95/87 de 4 de Março. A regulamentação do PAF passou sucessivamente pelas portarias nº258/87 de 1 de Abril, de 70/88 de 20 de Agosto e 340-A/91 de 15 de Abril. O programa foi dividido em cinco sub-programas, à frente dos quais ficou um gestor Regional.

O PAF previu um investimento de 10 milhões de contos em 10 anos (1985/1996). Os seus objectivos principais foram a arborização de 400 000 hectares e a beneficiação de igual área, o uso múltiplo e a construção de uma rede de infra-estruturas. A responsabilidade pela aprovação, celebração de contractos e acompanhamento da execução dos projectos competiu à DGF. O Instituto de Financiamento e Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura e Pescas (IFADAP) foi a entidade pagadora.

Este programa permitiu as iniciativas de investimento implementadas pelos proprietários, tomando a seu cargo a elaboração e gestão de projectos, os quais

tiveram um Plano de Ordenamento e Gestão (POG) obrigatório para o seu acompanhamento no futuro.

O PAF visou, como último resultado, a criação de unidades produtivas viáveis, o aumento da produtividade de espécies nobres, a implementação de infra-estruturas destinadas à beneficiação e ao combate a incêndios.

Verificaram-se dificuldades e atrasos na execução e conclusão de projectos, devido à falta de empresas adequadas e falta de meios técnicos na DGF, atrasos nos pagamentos do IFADAP e finalmente a não existência de Organizações de Agricultores (OA) voltadas para o sector florestal.

Em 1989, terminou o acordo que pôs termo ao PFP/BM, dos 150 000 hectares como meta global a atingir pelas instituições, apenas se conseguiram 120 000 hectares, ou seja 80%, embora o sector silvo-indústria, tivesse ultrapassado as metas físicas que lhe tinham sido atribuídas.

A Portucel teve uma acção predominante no interior da região Sul do país, na propriedade privada, através da aquisição e arrendamento de propriedades, nas quais se desenvolveram sobretudo, a cultura de Eucalipto (DGF, 1992).

A DGF teve a sua actuação sobretudo a norte e centro do país, em que foi relevante a acção das brigadas. Atingiu em 1986, 65,5 % da área que foi prevista arborizar, mas o valor subiu ligeiramente até 1988. Executou 705 projectos de arborização nas áreas previstas (36%) e 375 nas baldias (64%), num total de 71 908 hectares (Carvalho, 1993).

A falta de concretização dos objectivos pôs em evidência alguns factores limitadores, tais como: a falta de coordenação entre as entidades executoras e outras do sector; um enquadramento financeiro desadequado; a falta de divulgação do programa e informação junto dos potenciais interessados; a deficiente estrutura fundiária e o carácter “individualista” dos projectistas.

Na década de oitenta, entre os problemas mais aludidos destacam-se os seguintes:

- Individualismo e falta de estrutura organizada de produtores e consumidores que conduziu a circuitos de extracção e comercialização deficientes;
- Carência na assistência técnica necessária aos produtores;

- Diminuição e dispersão das parcelas florestais que inviabilizam unidades técnico-económicas viáveis e a criação de infra-estruturas de defesa e exploração de povoamento;
- Necessidade de colaboração e coordenação dos vários agentes interessados no sector.

Em 1990 surgiu uma fase de reestruturação de objectivos e procurou-se um diálogo com os restantes parceiros do sector. Assim:

- Colocaram-se ao país novos desafios, com a aplicação dos regulamentos comunitários, nomeadamente para a floresta privada;
- Surgiram novas regras do planeamento, como a zonagem das espécies, o ordenamento do território e a matriz do ambiente;
- Estabeleceram-se ligações à investigação científica, ao ensino e diálogo com as empresas de serviços e a indústria.

Realizou-se nesse ano (1990) o II Congresso Florestal Nacional, da iniciativa da Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais (SPCF), com o tema “Floresta e Mudança”. Das conclusões a que chegaram sublinham-se algumas, (DGF, 1992):

- A necessidade de um planeamento do espaço florestal;
- A utilização de sistemas de informação geográfica como instrumentos para a gestão dos recursos;
- A criação de circuitos de informação inter-institucionais e de coordenação entre instituições florestais e os restantes agentes do sector, designadamente no que refere à extensão florestal.

Em 1991 foram aplicados muitos regulamentos, dos quais se destacam os mais importantes:

- Regulamento (CEE) nº 797/85 – definiu medidas florestais nas explorações Agrícolas, mais tarde foi reforçado pelo 1609/89, foi aplicado nos termos do DL n.º 81/91 de 19 de Fevereiro, e demais despachos normativos complementares.

Nestes programas pretendeu-se fomentar a reconversão de áreas agrícolas em florestais, a melhoria de superfícies florestais, a construção de infra-estruturas e adaptação de equipamento agrícola, de acordo com as orientações da Política Agrícola Comum (PAC). Concederam-se subsídios para estas acções entre 60 e 80% e atribuiu-se um prémio anual por hectare arborizado, por um período de 6 e 20 anos dependendo das condições.

- Regulamento (CEE) nº1614/89 em que foram implementadas acções no domínio da limpeza dos povoamentos e das infra-estruturas (redução de combustíveis).

- Regulamento (CEE) 2078/92 – definiu medidas agro-ambientais com os objectivos: através de um subsídio variável, permitir a manutenção de terras florestais abandonadas com interesse ecológico, efectuar a recuperação de ecossistemas degradados e a prevenção de riscos de despovoamentos.

- Regulamento (CEE) 2080/92 – definiu medidas florestais na agricultura que pretenderam estimular a reconversão das terras agrícolas em florestais e o desenvolvimento de actividades florestais nas explorações agrícolas, com o objectivo de reduzir os excedentes agrícolas e diminuir o défice comunitário em produtos florestais. Teve como inovação, a introdução de planos zonais e o alargamento das espécies beneficiadas. Instituiu também, um prémio por hectare nos primeiros 5 anos, para manutenção das áreas arborizadas e ainda outro para a perda de rendimentos na realização de arborização e beneficiação. As percentagens variam entre 15 e 100% de acordo com o tipo de beneficiação, a área, as espécies, o plano zonal, o custo de referência por hectare e a acção a realizar.

Em 1993 o Instituto Florestal tomou o lugar da DGF, da qual herdou a sua estrutura. Ao nível regional foram criadas nas delegações florestais três divisões, entre elas, a do ordenamento florestal e apoio à propriedade privada, que surge vocacionada para o apoio aos produtores florestais e suas organizações.

As áreas de actuação do Instituto Florestal foram várias, destacando-se:

- Apoio à definição e execução da política florestal;
- Gestão e desenvolvimento dos recursos;
- Valorização e protecção do património;
- Assistência técnica aos proprietários e formação profissional;
- Colaboração na definição e aplicação de instrumentos financeiros;
- Colaboração no ordenamento do território, cooperação e representação internacional.

Em 1993 terminou o acesso ao PAF.

Alves, (1993) afirmou quanto aos objectivos “... nunca termos estado tão próximos da existência de uma política florestal...”, e quanto aos instrumentos referiu que “... há muito a clarificar e a investir”.

Em 1994, a aplicação do Regulamento (CEE) 2080/92 faz-se com a publicação do DL nº31/94 de 5 de Abril. Ao abrigo desta lei foi publicada a portaria n.º 198/94 de 6 de Abril, que estabeleceu o regime de ajudas e as medidas florestais na agricultura.

Dentro do segundo quadro comunitário de apoio (1994/ 1999) foi aprovado o Programa Operacional de Modernização do Tecido Económico no qual se incluiu o Programa de Apoio a Modernização Agrícola e Florestal (PAMAF).

Os seus objectivos foram: “ o reforço da competitividade do sector agrícola, a viabilização económica das explorações agrícolas e a preservação dos recursos naturais e do ambiente” (DL n.º 150/94 de 25 de Maio - art. 2º, nº1).

As ajudas que mais directamente interessam ao sector foram estabelecidas pela Portaria 809 – D/94, que aprovou o regulamento do programa de desenvolvimento florestal (PDF). Os objectivos do PDF foram: promover a arborização e rearborização de áreas ardidas de potencial florestal; promover a melhoria da área florestal e suas infra-estruturas; fomentar o uso múltiplo e promover a produção de plantas de qualidade (Portaria 809 -D/94 de 12 de Setembro art. 2º, alíneas a, b, c, d).

Nesse ano foi ainda, aprovada a Portaria nº809 – E/94 referente à investigação, experimentação e demonstração (IDE), no sector florestal.

Em 1994, esteve em estudo e preparação uma nova Lei Florestal Nacional. Esta Lei de desenvolvimento florestal, pretendia tratar as velhas questões da reestruturação fundiária e da gestão florestal, havendo tentativas de responsabilizar os proprietários pela gestão e criação de instrumentos para o emparcelamento.

Em 1995, foram analisadas as questões anteriores com os parceiros sociais mas acabou por não ser promulgada a Lei.

Em 1996, através do DL nº74/96 de 18 de Junho concretizou-se a nova Lei Orgânica do Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas (MADRP), na qual se integra a Direcção Geral das Florestas e se extingue o ex – Instituto Florestal. Com o objectivo de assegurar a coordenação e apoio à execução da política florestal, nomeadamente nos domínios de ordenamento e da protecção agro-florestal, da produção, transformação e comercialização dos produtos da floresta, dos recursos piscícolas das águas interiores e transformação da alimentação animal.

Em 1996 foi publicada a Lei de Bases Florestal (Lei n.º 33/96 de 17 de Agosto).

Em 2004 foi criada a DGRF, com funções de autoridade florestal nacional (DL n.º 80/2004 de 10 de Abril), o fundo florestal permanente (DL n.º 63/2004 de 22 de Março), a agência para a prevenção dos fogos florestais (DR n.º 5/2004 de 21 de Abril), o concelho nacional de reflorestação de áreas ardidas (RCM n.º 17/2004 de 2 de Março), o programa de sapadores florestais (DL n.º 94/2004 de 22 de Abril) e o Fundo Florestal permanente (DL n.º 63/2004 de 22 de Março). Nesse mesmo ano foi publicada a legislação que instituía as Comissões Municipais de Defesa da Floresta contra incêndios (Lei n.º 14/2004 de 8 de Maio).

Em 2005 a Resolução do Conselho de Ministros (RCM) n.º 63/ 2003 e da RCM n.º 169/2005, estabeleceu as orientações da Política Energética Portuguesa, onde se prevê o crescimento da produção de electricidade a partir das fontes de energia renováveis 14 % em 1997, para 22 % em 2010, no qual se enquadra a biomassa e em particular a de origem florestal.

4.4 - Ocupação florestal de Portugal

A área de Portugal Continental é de $8,86 \times 10^6$ ha, sendo até há poucos anos utilizada para a agricultura $3,80 \times 10^6$ ha, reduzida hoje a menos de $3,00 \times 10^6$ ha. No entanto, desta área somente cerca de $2,30 \times 10^6$ ha tem aptidão para a produção agrícola, tendo a restante área fortes limitações a uso mais intensivo (declive acentuado, fraca espessura efectiva, pedregosidade, afloramentos rochosos, etc.). Da área sem aptidão agrícola, isto é, de $6,56 \times 10^6$ ha, somente $3,35 \times 10^6$ ha, isto é, 38%, são utilizados como floresta (DGF, 2001).

A floresta portuguesa apresenta diferentes taxas de arborização nas várias regiões do País, figura 9.

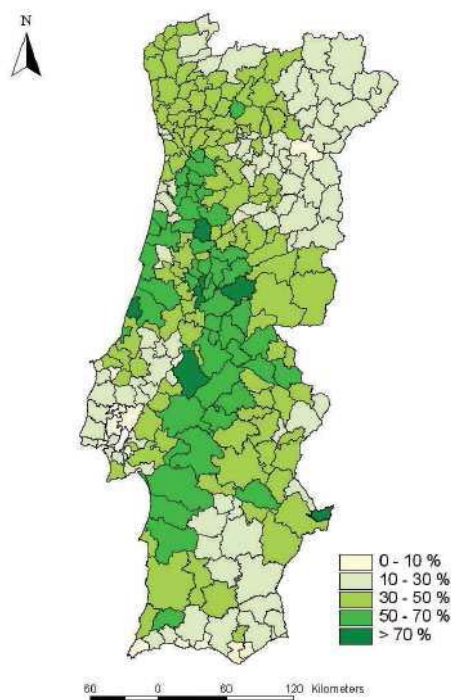


Figura 9 – Taxa de arborização por concelho (DGF, 2001).

A actual área florestal do país, é ocupada em grande parte por 3 espécies climáticas ou paraclimáticas: *Pinus Pinaster* (Pinheiro bravo); *Quercus Suber* (Sobreiro), que ocupa uma área correspondente a cerca de 25% da sua distribuição natural pelo mundo, o peso económico desta espécie reflecte-se no valor da exportação de produtos de cortiça, que se eleva a cerca de 900 milhões de euros (APCOR, 2003), e *Quercus Ilex* (Azinheira), às que se vem juntar uma espécie exótica relativamente recente, o *Eucaliptus Globulos* (Eucalipto). No seu conjunto, ocupam quase 75 % da área florestal de Portugal Continental.

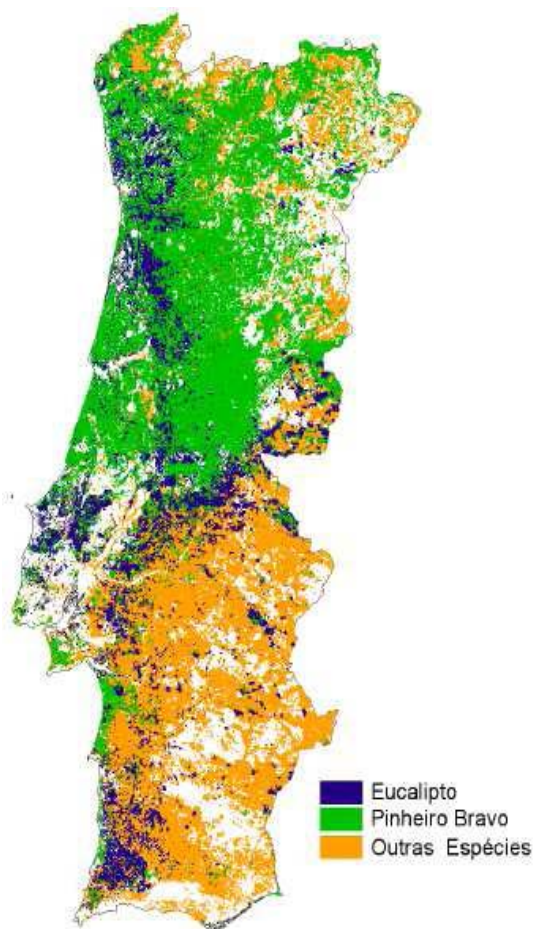


Figura 10 – Área florestal por espécie (DGRF, 2007).

4.5 - Floresta e as alterações climáticas

As alterações climáticas irão certamente ter impactes profundos na floresta portuguesa. Os aspectos mais salientes serão provavelmente a forte redução da humidade do solo durante os meses de Verão, devido à acção conjunta do decréscimo da precipitação, nesse período, e o aumento da temperatura. É previsível que os fogos florestais venham a ser mais difíceis de controlar e que, na ausência de medidas de adaptação adequadas, a área ardida aumente.

As mudanças climáticas irão também ter impacto na ocupação florestal em Portugal, dado que o aumento de temperatura e as alterações na distribuição da precipitação ao longo do ano são mais desfavoráveis para as folhosas do que para o pinhal e montados. As espécies florestais características de latitudes mais elevadas que, no território de Portugal Continental, aparecem apenas nas regiões montanhosas do centro e norte do país, terão tendência a extinguir-se, devido essencialmente ao aumento da temperatura. É também, provável que se observe

uma tendência de deslocamento para Norte das áreas de ocupação das diferentes espécies florestais.

Por exemplo, a produtividade do pinheiro bravo deverá aumentar na região norte (em cerca de 23%), tendo a região sul um decréscimo de 35 a 40% de produtividade no litoral e 40 a 66% no interior.

As alterações climáticas poderão provocar o aumento das populações de insectos e, conseqüentemente, o aumento do risco de pragas nas florestas, embora não se saiba em que medida é que essa tendência poderá ser controlada mas naturalmente deverá ser por predadores e com medidas especiais de combate.

Os cenários climáticos futuros apontam para um aumento na frequência e intensidade dos fenómenos climáticos extremos - secas, precipitações muito intensas em intervalos de tempo curtos e temporais, com ventos fortes. Tais fenómenos climáticos extremos são prejudiciais à floresta e aos solos e podem causar profundas devastações.

O aumento da temperatura provoca um incremento na respiração das plantas e do solo e o aumento de concentração de CO₂ na atmosfera favorece a fotossíntese. Um aumento da concentração de dióxido de carbono poderá originar um aumento da produtividade dos ecossistemas florestais, desde que os outros factores (água, luz e nutrientes), não sejam limitantes.

No que respeita à biodiversidade, vários estudos têm concluído que quanto mais heterogéneo é o habitat maior a capacidade do ecossistema superar o efeito de uma perturbação, existindo uma correlação positiva entre a riqueza em espécies num ecossistema e a sua produtividade, estabilidade e sustentabilidade. No entanto, as alterações climáticas devido ao seu efeito selectivo e relativamente rápido sobre as diversas espécies florestais, obrigando por vezes a migrações, tendem a reduzir a biodiversidade.

4.6 - Economia florestal

A economia florestal pode ser definida como o ramo da ciência que trata da utilização racional de recursos com vista à produção, à distribuição e ao consumo de bens e serviços florestais. Como bens e serviços florestais podem ser entendidos, além dos produtos e dos subprodutos da árvore, a vida selvagem, a água e o recreio.

As actividades florestais apresentam algumas características especiais que justificam o estudo da economia florestal, como por exemplo:

- Longo tempo de produção – a produção florestal normalmente requer alto investimento inicial e o seu retorno ocorre a longo prazo. O sector florestal mede-se em décadas, devido aos longos períodos de crescimento da floresta, o que existe hoje resultou de intervenções realizadas há muito tempo e o que se faz agora terá consequências para a vitalidade do sector daqui a um século.

- Produto final e factor de produção – quando se corta a floresta, na verdade está-se a cortar o próprio factor de produção. Com isso, surge uma importante decisão a ser tomada, qual a melhor idade para o corte.

- Produção nem sempre convertida em valores económicos - juntamente com a produção da madeira, que geralmente é o único produto com preço no mercado, há outros benefícios indirectos da floresta, como protecção contra erosão, produção de água, regulação da vazão dos rios, abrigo de fauna, beleza cénica, recreação, captura de CO₂, de entre outros que são de difícil quantificação, pelos quais muitas vezes o proprietário não é remunerado.

- Relação entre os três factores de produção – o sector florestal utiliza os três factores de produção: terra, capital e trabalho.

- Dependência das condições naturais – o sector florestal tem uma forte dependência das condições naturais, como solo, clima, pragas e doenças, o que requerer um planeamento minucioso para tomada de decisões da empresa, pois é este planeamento que vai repercutir na produção futura.

Normalmente, a produção florestal dá-se em grande escala, o que aumenta a responsabilidade nas tomadas de decisões. A indústria florestal tem uma importante participação na economia, o que torna este sector, um dos mais importantes do País.

4.7 - Valor económico da Floresta Portuguesa

Um dos falhanços da profissão florestal tem sido a sua incapacidade para demonstrar aos decisores políticos todos os valores económicos da floresta e a necessidade de compromissos de longo prazo na investigação, na educação e nas perspectivas de carreira para os técnicos acompanhados dos incentivos e dos meios materiais adequados.

No entanto, de acordo com os estudos económicos existentes, Portugal é, no contexto europeu e mesmo mundial, um país «especializado nas actividades silvícolas», com um peso significativo no produto interno bruto (PIB), superior à média europeia. É o terceiro país da União Europeia (UE) onde o sector florestal tem mais peso no PIB. No contexto interno, o sector florestal ocupa um lugar de destaque entre os diferentes ramos da actividade económica, correspondendo-lhe 3% do Valor Acrescentado Bruto (VAB) da economia (3,1 mil milhões de euros), 3,2% do PIB, 12% do PIB industrial, 3,3% do total do emprego e 11% das exportações nacionais (2,7 mil milhões de euros), (DGRF, 2007). As três espécies florestais mais representativas, em Portugal, apresentam rendimentos anuais por hectare pouco próximos (figura 11).

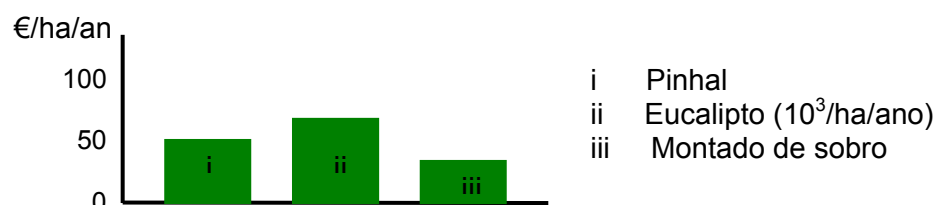


Figura 11 - Rendimento fundiário e empresarial anual, (Agriciência, consultores de engenharia, 2005).

É de salientar, que os bens actualmente gerados nos espaços florestais estão na base de uma importante e integrada fileira industrial, assente em recursos naturais renováveis, sendo o suporte de um sector fortemente exportador e contribuindo para a manutenção de mais de 7 000 empresas, com mais de 160 mil trabalhadores (DGRF, 2007).

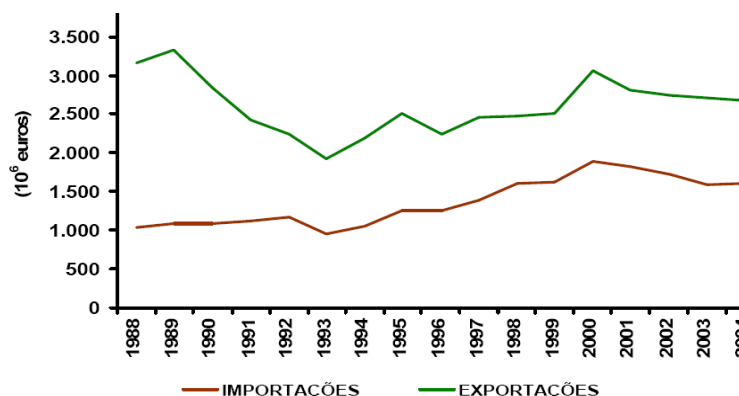


Figura 12 – Evolução das exportações e importações das fileiras florestais, em euros a preços constantes, utilizando o Índice de Preços ao Consumidor (DGRF, 2007).

Durante o século XX, o sector florestal português teve um desempenho surpreendente. O estudo recente The Portuguese Forests Country level report delivered to the EFFE Project, Evaluating Financing of Forestry in Europe (Mendes, et al., 2004) calculou a produção económica anual da floresta portuguesa em 1,2 mil milhões de euros, como sendo a produção económica total anual efectiva da floresta no Continente, não descontando as externalidades negativas (DGRF, 2007). Esta estimativa tem em consideração tanto os valores de uso directo dos produtos tradicionais (a madeira, a cortiça e a resina), assim como outros que normalmente não são contabilizados, tanto de uso directo (produtos não lenhosos como frutos, cogumelos, plantas aromáticas, pastagem, caça e o recreio) como de uso indirecto (protecção do solo e dos recursos hídricos, sequestro de carbono, e a protecção da paisagem e da biodiversidade), figura 13.

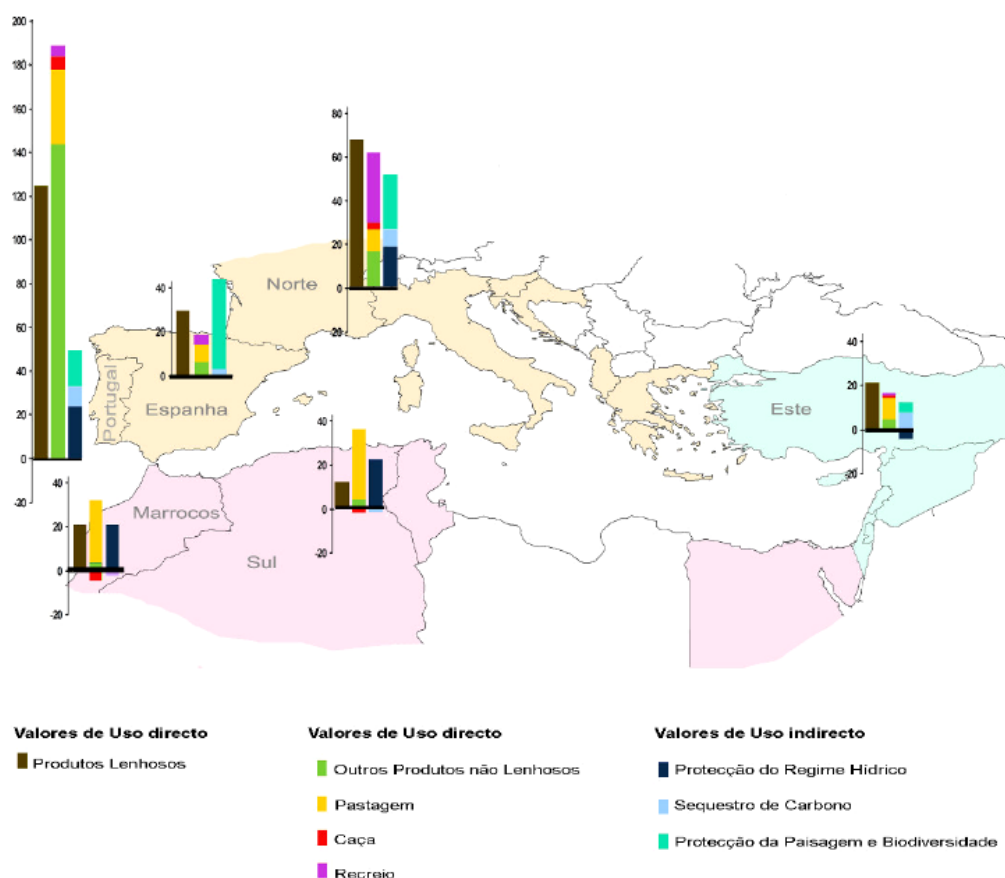


Figura 13 - Comparação do valor económico total do sector florestal em Portugal, Espanha e Marrocos e médias referentes ao Norte, Este e Sul do Mediterrâneo (unidade: euros/ha/ano).

Fonte: "Valuing Mediterranean Forests, Towards Total Economic Value" editado por Merlo e Croitoru (2005).

Conclui-se assim, que o valor económico total das florestas de Portugal Continental ultrapassa em muito, por unidade de área, os valores encontrados para outros países mediterrâneos, tanto em produtos comerciais como em produtos ambientais. Portugal extrai mais riqueza de um hectare de terra florestal (344 €/ha/ano) do que qualquer outro país do Mediterrâneo, esta comparação inclui países como a França (292 €/ha/ano) e a Espanha (90 €/ha/ano). (DGRF, 2007)

Indicador	Portugal	UE
Superfície territorial	91 909 km ² (2,3% da EU)	3 973 200 km ²
% empresários agrícolas com > 65 anos	45%	23%
% dirigentes agrícolas com formação agrícola	0,98%	8,72%
Peso sector primário no total população activa empregada	10,8%	5,2%
Peso da agricultura no VAB da economia	2,7%	1,8%
Peso fileira florestal no VAB da economia	3%	2,3%
Área florestal arborizada	3,4 milhões ha (2% EU)	170 milhões ha
Área florestal ardida	115 mil ha (37%)	312,5 mil ha
Peso da agricultura nas emissões de GEE	10%	10%

Quadro 4 – Indicadores económicos (DGRF, 2006).

4.8 - Oportunidades e fragilidades do coberto florestal português

De entre as oportunidades que a floresta portuguesa apresenta salientam-se as seguintes:

- O forte crescimento da procura dos produtos florestais à escala mundial e o facto de, na sua maioria, serem ambientalmente amigáveis;
- A crescente importância atribuída à floresta à escala global:
 - como sumidouro do dióxido de carbono;
 - no combate à desertificação;
 - na regularização dos regimes hídricos;
 - como elemento fundamental à conservação da biodiversidade.
- Grande parte dos produtos florestais resulta da exploração de recursos endógenos, o que tem um significado estratégico para a economia nacional.
- A disponibilidade de apoios ao investimento, com base em fundos comunitários.

- As boas condições naturais para a produção florestal, que resultam das nossas condições edafo-climáticas.
- A capacidade para exportar produtos específicos de alta qualidade.
- A disponibilidade em terras para expansão da área florestal.
- A importância estratégica para o desenvolvimento rural, gestão dos recursos hídricos e conservação dos solos.
- A concentração em propriedades de média e grande dimensão de uma parte considerável da área florestal do país.

Como fragilidades destacam-se as seguintes:

- A competitividade:
 - Dos mercados de produtos alternativos aos produtos florestais, como os plásticos, os alumínio e outros;
 - Dos mercados agressivos dos produtos florestais oriundos de outros países.
- O fraccionamento e dispersão de uma parte considerável da área florestal privada.
- As insuficiências, quer das organizações para uma produção competitiva e qualificada, quer ao nível dos circuitos de comercialização.
- A conotação negativa que é dada em largas faixas da população a questões como a da “condução das explorações” e do pinhal – eucaliptal versus montados – caducifólia sem folhosas.
- As deficiências de conhecimento técnico, quer ao nível do ordenamento florestal quer da gestão.
- Os incêndios.
- O quadro legislativo pouco claro e deficiente envolvimento interdisciplinar e interdepartamental do sector florestal.
- Aumento das pragas e doenças.

4.9 - Gestão Territorial

Os principais instrumentos e processos de planeamento que balizam as orientações estratégicas e as orientações regionais de reflorestação são:

- Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), estabelece as linhas estratégicas de desenvolvimento para o território de Portugal Continental;
- Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT) desenvolvem as estratégias territoriais regionais;
- Planos Regionais de Ordenamento Florestal (PROF) estabelecem a organização dos espaços florestais e regulam a sua utilização (versões de trabalho);
- Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOT), incluem os planos de ordenamento de albufeiras de águas públicas, de áreas protegidas e da orla costeira;
- Plano sectorial relativo à implementação da rede natural 2000 (versão de trabalho);
- Planos Directores Municipais (PDM) estabelecem o regime de uso do solo e os parâmetros de aproveitamento do solo e de garantia da qualidade ambiental.

Para além destes, são considerados fundamentais outros planos e estratégias com especial repercussão nos espaços florestais, como por exemplo:

- Programa Nacional de Combate à Desertificação;
- Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade;
- Programa Nacional para as Alterações Climáticas;
- Política Energética Nacional;
- Plano Nacional da Água e planos de bacia hidrográfica.

4.10 - Globalização e riscos de mercado

Um aspecto da mudança do contexto em que se insere o sector florestal é o fenómeno da internacionalização. Dentro deste processo, os três factores de maior incidência no sector florestal português são:

- (i) a integração de Portugal na União Europeia;

(ii) o aparecimento de vários tratados e convénios internacionais, principalmente os relativos a matérias do meio ambiente e a adesão de Portugal a estes acordos;

(iii) a evolução das regras do comércio internacional.

A internacionalização da economia à escala global irá ter consequências no sector florestal. Ela terá designadamente reflexos no mercado dos produtos florestais, tanto na sua componente de consumo como sobretudo nos preços praticados, que tenderão a uma liberalização crescente, aspecto que poderá ocasionar problemas de competitividade nas diferentes fileiras silvo-industriais.

De facto, em Portugal, as tendências do mercado têm revelado, na última década, uma descida do valor unitário de diversas matérias-primas da produção lenhosa florestal (Figura 14 e 15).

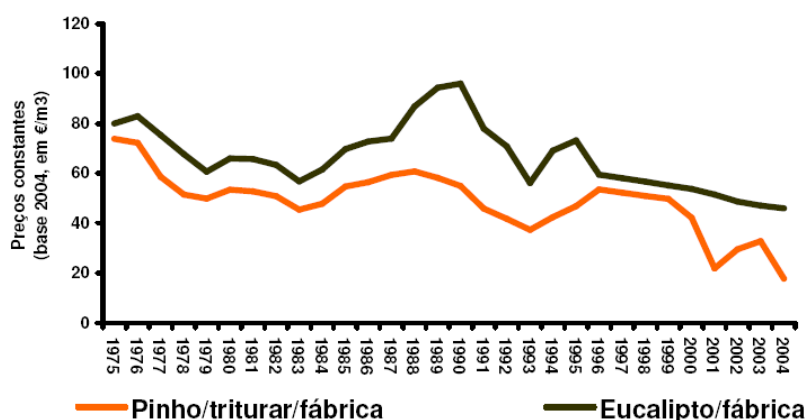


Figura 14 – Evolução dos preços de madeira de pinho e eucalipto para trituração (DGRF, 2007).

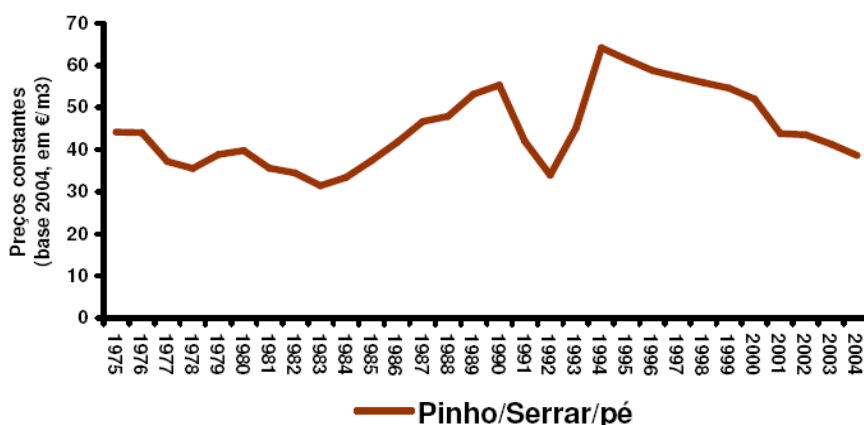


Figura 15 – Evolução dos preços de madeira de pinho em pé para serração (DGRF, 2007).

Esta tendência de decréscimo dos preços das matérias-primas está associada à descida dos preços médios de mercado dos produtos florestais em toda a Europa Ocidental, descida que tem aproximado os preços aos praticados nos Países do Leste Europeu e da Comunidade de Estados Independentes. Esta tendência de convergência nos preços seria de esperar num quadro de globalização da economia. Para além dos preços, podem-se prever dificuldades no abastecimento em matérias-primas de origem nacional. Na verdade, a sustentabilidade do abastecimento em produtos lenhosos tem vindo a ser seriamente ameaçada pelos riscos associados ao sector florestal, em particular os ocasionados pelos incêndios e problemas de fitossanidade. Igualmente, os custos de produção e a qualidade dessas matérias-primas poderão não ser competitivos nos mercados internacionais sobretudo por, geralmente, se adoptarem modelos de gestão inadequados, com reflexos na situação de sub-lotação da floresta portuguesa e na perda de eficiência daí resultante.

No mundo em crescente globalização a concepção e adopção de políticas para o sector florestal não podem ser encaradas numa perspectiva estritamente nacional tendo, obrigatoriamente, que atender às decisões e compromissos assumidos nas instituições, tanto regionais como mundiais, que Portugal integra ou onde participa.

Já o Plano de Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa (DGF, 1998) consagrava como objectivos operacionais:

- Fixar carbono através do uso florestal do solo, promovendo o crescimento da área florestal a uma taxa média anual de 2%, no período de 1998 a 2008;
- Promover a utilização da madeira, nomeadamente em produtos de longa duração;
- Prolongar o ciclo de vida dos produtos derivados da madeira, promovendo a sua reutilização e reciclagem;
- Promover acções tendentes a avaliar a contribuição das florestas para o equilíbrio do ciclo do carbono.

Por sua vez, o Plano Nacional para as Alterações Climáticas, além destes objectivos, integra outros objectivos constantes no Plano de Desenvolvimento Florestal Sustentável da Floresta Portuguesa (PDSFP), com significado para a

maximização da capacidade de retenção de carbono. Destacam-se os seguintes de natureza estratégica:

- Melhorar a qualidade e a produtividade da área florestal existente;
- Adoptar medidas de prevenção e combate aos factores condicionantes mais significativos, nomeadamente os incêndios florestais;
- Melhorar a eficácia da exploração e comercialização dos produtos florestais;
- Criar um sistema de certificação da gestão florestal sustentável;
- Melhorar a competitividade dos produtos florestais face aos materiais alternativos;
- Melhorar a investigação científica e a divulgação dos seus resultados.

4.11 - Processo fotossintético

Através do processo de fotossíntese, a energia solar é captada pela clorofila das plantas que a converte em energia química, processando o dióxido de carbono atmosférico (CO_2), água e minerais em compostos orgânicos e oxigénio (O_2).

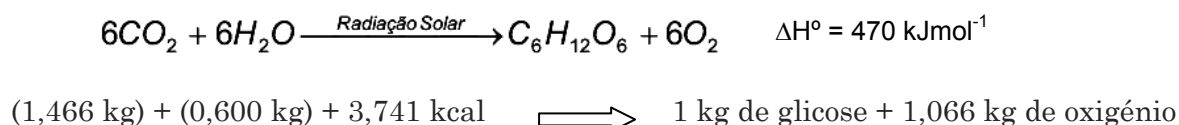
O processo fotossintético permite assim, o incremento de biomassa e é a base de toda a vida no planeta Terra. A fotossíntese apresenta dois processos chave:

1. As plantas obtêm energia a partir da radiação solar, o que permite a sua autotrofia. Por outro lado, as plantas formam a base nutricional para os outros organismos, tais como os humanos e os animais, que sendo formas de vida heterotróficas, não são capazes de obter a sua energia a partir da luz solar.

2. O processo fotossintético é o principal responsável pela libertação do oxigénio que é utilizado pelos organismos heterotróficos.

O pigmento verde das folhas, a clorofila, é a “central energética” interna das plantas. Movidas pela energia solar, as plantas convertem o dióxido de carbono em biomassa, na forma de açúcar e de amido. Para além da radiação solar, a água e os minerais (nutrientes da planta) são necessários neste processo, sendo estes retirados do solo através das raízes.

A reacção da fotossíntese para a formação do açúcar representa-se pela seguinte equação química:



O valor da variação de entalpia da reacção de fotossíntese indica que cada mole de dióxido de carbono transformada consome 78,3 kJ de energia, proveniente da radiação solar, e cada mole de glicose formada consome 470 kJ.

A fotossíntese não é um processo particularmente eficiente, pois normalmente o aproveitamento da energia solar é de 1% com um máximo de 8% a 15%. Dependendo do tipo de planta, a fotossíntese resulta na criação de várias cadeias de carbono (hidratos de carbono). Em espécies de plantas de crescimento rápido, tal como o milho, a fotossíntese de plantas jovens pode alcançar uma eficiência de conversão energética da radiação solar até 2%. De salientar que, na Terra, a fotossíntese é o único processo que fornece oxigénio aos organismos, daí decorrendo a importância deste para a vida na Terra.

O processo de fotossíntese divide-se em duas etapas bem diferenciadas:

- As reacções á luz ou fosforilação fotossintética onde capta a energia dos fotões e a transforma em energia química em forma das enzimas ATP (trifosfato de adenosina) e TPNH, (trifosfopiridina reduzida), por acção da clorofila;
- As reacções às escuras, onde é captado o CO_2 para ser transformado em glucose e frutose. A absorção do dióxido de carbono e a entrega de oxigénio faz das plantas o principal actor no ciclo da vida.

4.12 – Biomassa

A biomassa constitui a fracção biodegradável de produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da floresta e das indústrias conexas, bem como da actividade industrial e urbana (Directiva 2003/30/CE).

No enquadramento florestal, a biomassa consiste na fracção biodegradável dos produtos e dos desperdícios de actividade florestal, tais como, material resultante de operações de exploração florestal, operações de manutenção florestal,

operações necessárias à arborização e gestão de combustíveis, recuperação de áreas ardidas ou afectadas por pragas e doenças.

A biomassa florestal inclui assim, o lenho, ramos, bicadas, folhas, cascas e cepos. De salientar que o lenho é invariavelmente utilizado para usos mais nobres, resultando outros subprodutos florestais (outrora resíduos) como recurso utilizável. A acumulação destes subprodutos constitui um perigo constante para a floresta, uma vez que a torna mais vulnerável à eclosão e propagação de fogos florestais. Assim, a sua remoção para além de configurar uma ferramenta de ordenamento do território, maximiza a produtividade das áreas florestais e a eficiência das operações de exploração florestal. A correcta utilização do recurso biomassa potenciará o desenvolvimento regional, pela criação de postos de trabalho em zonas rurais em franca depressão demográfica e pelo incremento da produção energética endógena associada.

Em termos industriais, o recurso biomassa florestal é classificado em quatro produtos, nos centros receptores de biomassa e que tomam a designação de:

- Estilhado de Biomassa (EB): biomassa florestal estilhada de forma homogénea com comprimento inferior a 10 cm, largura não superior a 5 cm, com teores de humidade podendo variar entre 20% e 55% e poder calorífico superior entre 4 200 e 4 700 kCal/kg.

- Triturado de Biomassa (TB): biomassa florestal destroçada, habitualmente por destroçador de martelos, de forma homogénea com comprimento não superior a 20 cm, largura não superior a 5 cm e com teores de humidade que podem variar entre 20% e 55%.

Os dois produtos atrás referidos podem aparentar algumas semelhanças em termos paramétrais, mas possuem uma granulometria e tipo de processamento muito distintos.

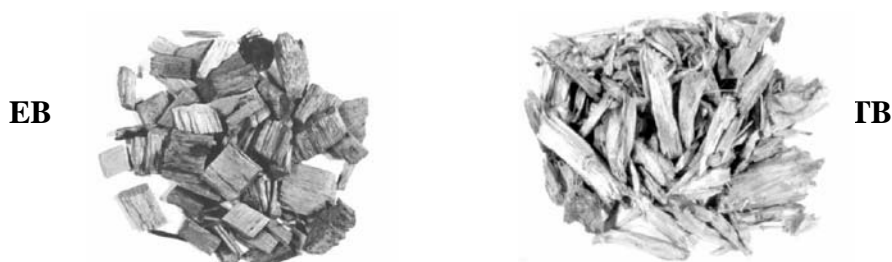


Figura 16 – Diferenciação segundo as normas CEN/UE (Comité Europeu da Normalização) dos dois produtos Biomassa.

- Rolaria Fina (RF), vulgo “charuto”: biomassa florestal resultante da exploração habitualmente com diâmetros inferiores 10 cm, podendo apresentar vestígios de fungos, fuligem ou carvão, não sendo admitidos ramos e folhas destacadas dos ramos ou bicadas.

- Biomassa Florestal em Bruto (BFB): material oriundo de espaços florestais, composto por mato, ou árvores inteiras, ou cavacos de lenha, ou bicadas, ou ramos, ou folhagem com ramagem, ou cascas, ou cepos. A composição deve ser homogénea na dimensão e na mistura dos materiais que compõe a carga, as dimensões não tem restrições de comprimento no entanto, não deve apresentar larguras superiores a 30 cm.

A classificação dos produtos biomassa segundo as normas provenientes do Centro de Normalização Europeu (CEN) para biocombustíveis sólidos tem uma elevada importância, uma vez que pela análise de uma grande diversidade de parâmetros permite uma valoração em unidades monetárias diferencial dos diversos produtos biomassa. Na classificação de um produto biomassa são consideradas as variáveis, tipologia do produto, percentagem de humidade, granulometria, poder calorífico superior e inferior, teor em cinzas e análise elementar (teor em K, Na, Ca,...).

A granulometria, na biomassa florestal, deve ser regulada e criteriosamente aferida. A uniformização deste parâmetro permitirá um aumento do rendimento de queima.

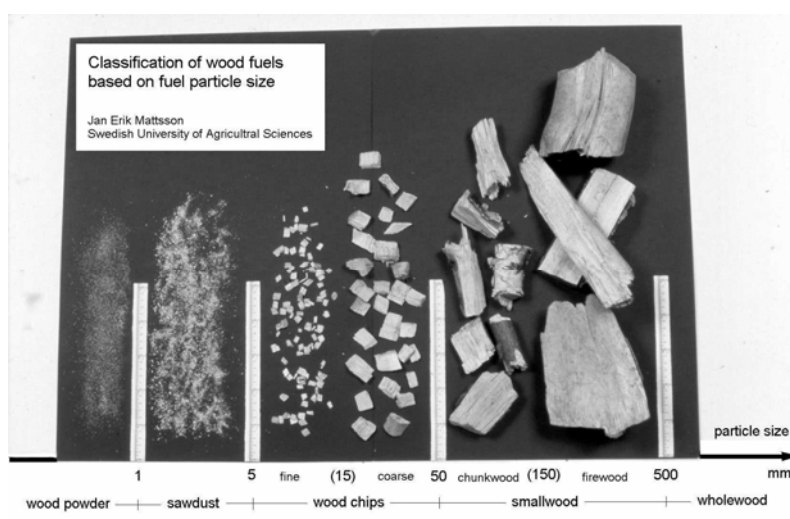


Figura 17 – Produtos segundo Classes de Tamanho (normas CEN).

A biomassa como resíduo florestal é todo e qualquer material resultante da colheita ou do processamento da madeira, que por limitações tecnológicas ou económicas, permanece sem utilização definida, sendo rejeitado no final da produção.

Os resíduos florestais podem classificar-se em duas categorias, segundo a sua origem: resíduos de corte e de transformação da madeira. Os primeiros resultam dos tratamentos silvícolas e das diversas intervenções nos povoamentos tendo por objectivo a obtenção de uma floresta melhorada e com maior rendimento, para além de evitar a propagação de doenças e incêndios florestais.

Em termos ambientais, os resíduos, podem apresentar inconvenientes, uma vez que os ramos com diâmetro superior a 3 cm podem levar até 7 anos para a sua decomposição completa e durante este processo podem gerar até 12% do carbono inicial em CH_4 e 57% em CO_2 , com consequências sobre o efeito de estufa mais graves do que a sua combustão.

A combustão da biomassa liberta o CO_2 anteriormente capturado, durante o processo fotossintético, que mais tarde voltará a entrar no processo, dando início a um novo ciclo. Por esse motivo, a queima da biomassa não provoca mais emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE). A biomassa é assim uma resposta positiva às alterações climáticas, pelo que a sua utilização, como fonte energética, reveste-se dum cariz estratégico para cumprir os demais objectivos nacionais e internacionais.

4.12.1 - Avaliação dos resíduos de biomassa

A fileira da biomassa deve ser encarada como uma área estratégica de interesse nacional, merece um planeamento global integrado, de forma a garantir o seu devido escoamento, incluindo os usos para fins energéticos, numa posição de são equilíbrio entre a oferta e a procura deste tipo de materiais (ADENE/INETI, 2001).

Em Portugal, a principal fonte de biomassa é, sem dúvida, a floresta que representa um terço da área total do País, constituindo desta forma um importante recurso que deverá ser avaliado no sentido de se obter um conveniente aproveitamento dos resíduos aí produzidos.

Sobre o aproveitamento de biomassa florestal para fins energéticos, alguns estudos concluíram que, apesar da abundância do recurso, existe dificuldade em conseguir a sua concretização, fundamentalmente por razões sociais, económicas e técnicas. No entanto, é reconhecida a importância deste recurso endógeno para aproveitamento energético, susceptível de um óbvio interesse comercial e de oportunidades de negócio.

Segundo dados disponíveis, a produção de biomassa florestal de acordo com a proveniência e distinguindo entre o que se pensa ser a produção de biomassa florestal e a efectiva disponibilidade deste recurso energético aponta para uma quantidade de biomassa florestal residual disponível de aproximadamente 2 milhões de ton/ano, quadro 5.

Biomassa florestal residual	Quantidade (Milhões de toneladas/ano)
Matos	0,6
Biomassa proveniente de áreas ardidas	0,4
Ramos e bicadas	1,0
Total	2,0

Quadro 5 - Biomassa florestal residual disponível, (Fórum "energias renováveis em Portugal, 2005).

No caso do pinhal não existem dados reais acerca da quantidade de resíduos florestais produzidos, pelo que é apenas possível estimar a quantidade de resíduos de biomassa gerados. Existem contudo algumas metodologias, que permitem prever a produção de resíduos de biomassa florestal de pinheiro, recorrendo à previsão a partir da madeira produzida. Conforme exemplificado no Quadro 6 com dados obtidos por INETI et al..

Espécie	Densidade média (nº/ha)	Resíduos produzidos (ton/ha.ano)	
	IFN (2001)	Base húmida	Base seca
Pinheiro	424	0,6	0,3

Quadro 6 - . Densidade e estimativa de resíduos produzidos para o pinheiro, por área e por ano.

(Costa, J., 2007).

A contabilização energética dos resíduos pela disponibilidade de diversas formas de biomassa, poderá ser capaz de vir a viabilizar, na próxima década, a instalação de cerca de duas centenas de MW de potência eléctrica, estimada com base na Directiva Europeia 2001/77/EC de promoção da geração de electricidade a partir das fontes renováveis, correspondendo esse potencial de geração de electricidade a um rendimento de cerca de 30%, potencial este que poderá ser bem superior quando se optar por novas tecnologias de combustão, com eficiência acima de 40%.

Não será de privilegiar a geração única de electricidade, devendo ser igualmente considerada a produção de energia térmica, a cogeração ou a trigeriação, face às vantagens reconhecidas da biomassa como recurso energético, em resposta às preocupações ambientais com respeito às alterações climáticas.

Ao contrário das oportunidades oferecidas por outras fontes energéticas endógenas e renováveis, a biomassa pode ser armazenada e consumida, como recurso energético, quando a energia é mais necessária à Sociedade.

4.12.2 - Sistemas de exploração para aproveitamento de biomassa

Um sistema de exploração florestal é um agrupamento coordenado dos vários passos operacionais para permitir a obtenção dos produtos desejados. Os objectivos de qualquer sistema de exploração florestal são os da preparação do material lenhoso e o seu transporte para o centro de conversão estabelecido, com menor custo, devendo-se ter em conta os impactes ambientais.

As operações da exploração da biomassa são, normalmente: abate, corte de ramos (desrama) e desponta, toragem (empilhamento), movimentação do material lenhoso (inclui rechega e a extracção), descasque, estilhaçamento, carga e descarga e transporte.

Consoante o modo como a madeira é movimentada do local de abate até ao carregador principal, assim correspondem diferentes sistemas de exploração:

- Sistemas de árvore completa – extracção de árvore não desramada.
- Sistema de tronco inteiro – extracção do tronco até ao carregador, corte de ramos e desponta no local de abate.

- Sistema de madeira torada – extracção de toros, corte de ramos, despona e toragem no local de abate.
- Sistema que incorpora trituração (estilhaçamento).

No plano silvícola, a recolha de estilhas soluciona em parte o problema de resíduos que é preciso frequentemente queimar ou eliminar por problemas fitossanitários ou por necessidade de preparação do solo.

4.12.3 - Sistemas logísticos de processamento de biomassa

As logísticas de biomassa têm sempre inerente a produção de um produto final padronizado, para recepção nos centros aceitadores de biomassa (Santos, C. 2005). Esse produto final é a estilha/triturado que pressupõe um processamento da biomassa em bruto.

Existem no mercado duas tipologias de processamento: o estilhamento por facas e por martelos. O estilhamento por facas é mais adequado para materiais homogéneos como árvores inteiras ou madeira de rolaria. O estilhamento por martelos permite o processamento de matérias-primas mais heterogéneas e daí ser o processamento mais eficaz para os resíduos florestais.

Um estilhador de facas funciona da seguinte forma: o movimento do tapete bem como o movimento rotacional dos rolos alimentam o tambor do estilhador onde as facas produzem o estilhamento do material lenhoso (a velocidade de alimentação é função da potência do motor e da capacidade de processamento do jogo de facas). A estilha produzida pode ser imediatamente carregada para camiões para posterior transporte, carregada em contentores ou despejada para o chão.

Os princípios de funcionamento de um estilhador de martelos são em tudo semelhantes ao do estilhador de facas, sendo que em vez de existir um órgão de corte (faca) existe um órgão de destroçamento mecânico (martelo).

Quanto ao transporte de biomassa (quer em forma de estilha quer em bruto) é efectuado tipicamente por camiões de 70 a 90 m³ com auto descarga (piso móvel ou sistema basculante). O transporte de resíduos em bruto é sempre mais caro tendo em conta que a quantidade de material lenhoso carregado é menor do que se o produto já estiver processado em estilha (maior volumetria dos resíduos em bruto).

Por conseguinte, para grandes distâncias de transporte desaconselha-se o transporte dos resíduos em bruto (Carvalho. J.L., 2006).

A operação de recheia destina-se a levar os resíduos do interior da mata para um carregadouro onde estes podem ser sujeitos a processamento ou a transporte para outro destino (final ou intermédio). O aprovisionamento de biomassa após a recheia reveste-se assim de considerável importância.

A existência de uma área coberta será aconselhável para manter alguma da biomassa armazenada com uma taxa de humidade aceitável para fornecimento directo aos centros aceitadores de biomassa. Nessa área poderá existir um equipamento de trituração fixo que permita o processamento de biomassa em bruto.

4.12.4 - Composição da biomassa florestal

Os componentes da biomassa incluem a celulose, hemi-celuloses, lenhina, lípidos, proteínas, açúcares simples, amido, água, hidrocarbonetos, cinzas e outros compostos. A concentração de cada classe depende da espécie, tipo de tecido, estado de crescimento e condições de crescimento. A celulose é um hidrato de carbono de cadeia longa não ramificada, constituída por unidades D-glucose, celobiose e com ligações glicosídicas 1-4 (Jenkins et al., 1996), com composição elementar $C_6H_{10}O_5$. Tem-se verificado que diferentes tipos de celuloses, provenientes de diferentes materiais e processos têm praticamente a mesma composição, sendo em todos os casos muito semelhantes à celulose pura, o que implica que a sua variação estrutural é desprezável (Sheng and Azevedo, 2001).

As hemi-celuloses são polissacáridos de composição variável, incluindo monossacáridos de 5 e 6 átomos de carbono. A sua estrutura é muito semelhante à da celulose, no entanto, é mais curta e apresenta mais ramificações (Sheng and Azevedo, 2001). A lenhina é um polímero irregular, ramificado, de unidades de fenilpropano unidas por ligações carbono-carbono e ligações éter (Jenkins et al., 1996).

Devido ao facto de ser essencialmente constituída por hidratos de carbono, a biomassa tem muito mais oxigénio que os combustíveis fósseis convencionais, incluindo o carvão, correspondendo a cerca de 30 a 45% da matéria seca. Por este motivo, teoricamente, a combustão da biomassa necessita de menor quantidade de

ar (Tabarés et al., 2000). No entanto, tal como nos combustíveis fósseis, o principal constituinte é o carbono, cerca de 30 a 60% da matéria seca, seguido do oxigénio. O hidrogénio é o terceiro maior componente, com cerca de 5 a 6% da matéria seca. O azoto, enxofre e cloro encontram-se em quantidades normalmente inferiores a 1% da matéria seca, sendo no entanto responsáveis pela formação de emissões poluentes. Um exemplo é o caso do azoto, constituinte da fracção proteica das plantas e elemento indispensável para o seu crescimento, no entanto é responsável pela emissão NO e NO₂ (Jenkins et al., 1996)

4.12.5 - Combustão de biomassa

A combustão é considerada um processo termoquímico exotérmico de conversão de energia química, contida num determinado combustível, em térmica (Chiaramonti, 2007). De uma forma geral a combustão envolve dois reagentes essenciais, oxigénio e combustível. Sendo a fonte de O₂ o ar (composto por aproximadamente 21% de O₂, 79% de N₂, 1% de Ar e 0,03% de CO₂, numa base volumétrica).

Através da combustão pretende-se, libertar toda a energia contida no combustível. Para tal, são necessárias temperaturas suficientemente altas para providenciar a ignição dos constituintes, promover uma boa mistura ou turbulência (promoção do contacto entre o oxigénio e o combustível) assim como, tempo suficiente para terminar o processo.

A composição e propriedades dos combustíveis são determinadas através da análise dos mesmos. A análise imediata, que consiste na determinação do conteúdo em humidade, matéria volátil, cinzas e carbono fixo, permite recolher informação em função da qual se determinará o tipo de tecnologia mais adequada a ser utilizada na sua combustão. Relativamente à análise elementar/química, esta consiste na determinação do conteúdo em carbono, hidrogénio, azoto, enxofre, humidade, metais presentes nas cinzas e oxigénio, sendo esta informação posteriormente utilizada para a realização, por exemplo, de balanços de massa e de energia .

Algumas das características que fazem da biomassa um bom combustível são a facilidade de secagem, baixa temperatura de ignição, elevado teor em voláteis (Werther et al., 2000), elevada taxa de combustão (Kanury, 1994), baixa energia de

activação (Tabarés et al., 2000) e o elevado poder calorífico. Por outro lado, certas características como a humidade, granulometria, densidade e heterogeneidade dos materiais lenhosos irão limitar a eficiência da sua combustão (Kanury, 1994).

Outro aspecto importante é o facto de ser praticamente impossível obter uma mistura completamente homogénea entre o combustível e o comburente, sobretudo quanto se entra em conta com o curto espaço de tempo em que ocorre a mistura (Tabarés et al., 2000).

O poder calorífico de um combustível representa a quantidade de energia libertada por este, por unidade de massa. Este pode ser classificado em PCS - Poder Calorífico Superior – quando se considera que os produtos da combustão condensam, devido à diminuição de temperatura, quantificando-se o calor de vaporização da água, ou PCI - Poder Calorífico Inferior – quando se considera que todos os produtos da combustão, incluindo a água, estão na fase gasosa, não se quantificando o calor de vaporização da água (Stultz et al, 1992).

O PCS pode ser calculado, utilizando os resultados da análise elementar do combustível, através da seguinte expressão:

$$PCS = 100 \times \frac{(11,51 \times C + 34,29 \times H_2 + 4,32 \times S - 4,32 \times O_2)}{m_{ar}}$$

Em que:

PCS - Poder Calorífico Superior em kJ/kg

C - massa de carbono em %

H₂ massa de hidrogénio em %

S massa de enxofre em %

O₂ massa de oxigénio em %

m_{ar} massa de ar estequiométrica kg/23,3x10⁶J

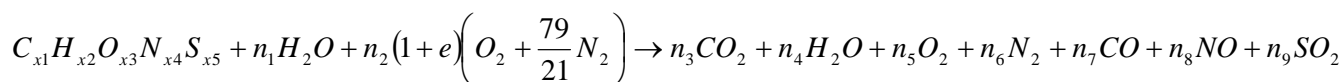
O PCI pode ser calculado a partir deste último,

$$PCI = PCS - 10,30 \times (H_2 \times 8,94)$$

O processo de combustão da biomassa é um pouco mais complexo que o dos outros combustíveis (ex. metano, gasolina, etc.), uma vez que a biomassa apresenta

uma composição físico-química complexa (Tabares *et al.*, 2000) e muito variável entre espécies diferentes.

De uma forma simples, a reacção global de combustão da biomassa com o ar pode ser representada pela seguinte equação química:



A composição da biomassa é simplificada, sendo representada como um composto formado apenas por C, H, O, N, S e H₂O. Nesta equação o ar atmosférico é igualmente simplificado, sendo representado por uma mistura binária de N₂ e O₂ (na proporção N₂/O₂ = 3.76), desprezando a participação do CO₂, vapor de água e gases raros da atmosfera. Nos produtos formados na combustão, considera-se apenas a formação de CO₂, H₂O (resultante da evaporação da água e reacção do hidrogénio do combustível), N₂, CO, NO e SO₂.

4.12.5.1 – Poluentes

As emissões poluentes resultantes da combustão da biomassa podem ser classificadas em dois grupos principais. O primeiro grupo inclui as emissões de poluentes inqueimados, que são em grande medida influenciadas pelo equipamento e pelo processo, enquanto que o segundo grupo inclui as emissões inerentes a cada tipo de combustível (Werther *et al.*, 2000), de acordo com a origem da biomassa (quadro 7).

Dentro do primeiro grupo, ou seja, os poluentes inqueimados, incluem-se o CO, hidrocarbonetos, voláteis condensados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, etc. Estes poluentes formam-se devido à baixa temperatura de combustão, à insuficiente mistura combustível - ar e, ainda, ao curto tempo de residência na câmara de combustão. Na combustão da biomassa em sistemas menos eficientes podem observar-se valores até 1000-5000 mg/Nm³ de CO, 100-500 mg/Nm³ de HCl, 0.1-1 mg/Nm³ de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e 150-500 mg/Nm³ de hidrocarbonetos (Werther *et al.*, 2000). De um modo geral, estas emissões podem ser minimizadas, conduzindo a combustão de forma a atingir-se um grau de queima mais eficiente ou um menor teor de carbono nas cinzas, através de uma mistura

adequada combustível-comburente, elevadas temperaturas de combustão e tempo de residência adequado na região de altas temperaturas (Werther et al., 2000).

Combustível	Emissões
Todos os tipos de biomassa	CO, HCl, condensados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, partículas
Todos os tipos de biomassa	NO _x , N ₂ O
Madeiras urbanas, palha, ervas, culturas energéticas	HCl, SO ₂ , KCl, K ₂ SO ₄ , NH ₄ Cl
Todos os tipos de biomassa	Cinzas
Biomassa com metais pesados	Pb, Zn, Cd, Cu, Cr, Hg, etc.

Quadro 7 – Principais fontes de emissões poluentes da combustão da biomassa (Werther et al., 2000).

Dentro do segundo grupo, a emissão de poluentes está dependente da composição da biomassa utilizada. Algumas das principais emissões são os compostos de azoto (NO_x e N₂O), óxidos de enxofre (especialmente SO₂), gases ácidos (ex. HCl) e metais pesados (ex. Pb, Zn, Cd) (Werther *et al.*, 2000).

Relativamente ao NO_x, a sua formação é devida à combustão dos elementos presentes nos voláteis, na sua maioria NH₃ e HCN, e à oxidação do azoto presente no resíduo carbonoso resultante da pirólise. Geralmente, o NH₃ decompõe-se em radicais NH₂ e NH que podem ser oxidados para formar NO, ou em alternativa, poderão reagir com os radicais NO e OH para formar N₂. Por outro lado, o HCN pode decompor-se em NCO, reagindo com o NO para formar N₂O. O azoto presente no resíduo carbonoso irá reagir, formando NO, N₂ e N₂O, no entanto este último é extremamente sensível à temperatura, formando N₂ a temperaturas superiores a 900°C (Werther *et al.*, 2000). Para o caso do enxofre e dos metais pesados, devido ao seu baixo teor na biomassa, em muitos casos estas emissões são desprezadas, no entanto poderão representar uma fracção importante caso se utilize biomassa resultante de madeiras tratadas ou pintadas (Jenkins et al., 1996).

4.12.6 – Humidade da biomassa

A biomassa é um produto natural. Como tal, o teor natural de água varia consideravelmente, mesmo que não sofra influências externas. Na prática, a forma mais rápida de calcular esse teor é com base em valores recolhidos ao longo de vários anos.

O teor de água típico para a biomassa lenhosa fresca situa-se entre 40 e 60 %. As plantas verdes podem ter um teor de água mais elevado, até 80 %. A biomassa com secagem ao ar livre, atinge um teor de água que, dependendo da estação do ano e da humidade ambiental, varia entre 12 e 18 %.

Existem várias formas de classificar as fontes de bioenergia sólidas. A característica de qualidade mais importante, para qualquer fonte de energia, é o seu poder calorífico. No caso da biomassa, esta característica é directamente influenciada pelo conteúdo de água, figura 18.

O poder calorífico mais baixo (PCMB) pode ser calculado usando a seguinte expressão matemática:

$$PCMB = \frac{PC_{seco} \times (100 - \%_{H_2O}) - 2,44 \times \%_{H_2O}}{100}$$

Onde PC_{seco} é o poder calorífico da madeira sem água, e $\%_{H_2O}$ o teor de água na madeira, no estado em que é encontrada.

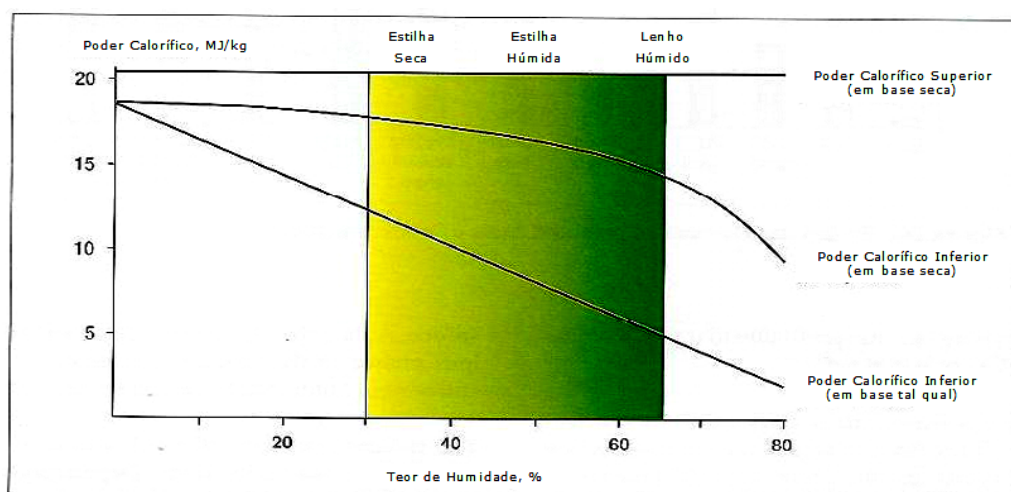


Figura 18 – Influência do teor de humidade no poder calorífico da biomassa (Tekes, 2007).

4.12.7 – Limitações da biomassa florestal

A baixa densidade dos resíduos florestais e o seu manuseamento complicado, pela sua heterogeneidade, representam aspectos negativos. Só uma fragmentação adequada dos resíduos, a sua compactação ou enfardamento, que conduzem à diminuição do fitovolume, permitem garantir o escoamento do produto e a sua integração com valor industrial nos circuitos económicos.

Alguns estudos indicam que distâncias iguais ou superiores a 100 km são já consideradas longas para o transporte de biomassa e particularmente penalizadoras para os produtos com baixa densidade. Só nos casos em que se consegue uma maior densificação, como sucede nos derivados de transformação da biomassa (exemplo peletes), permitem o transporte a maiores distâncias.

No que respeita à criação do mercado da biomassa florestal, há que estabelecer as condições de base que permitam a estabilização do circuito oferta/procura, por forma a que os aspectos da segurança em termos de fornecimento do recurso biomassa mereçam confiança. Logo a existência de unidades empresariais, capazes de escoar os resíduos e geridas na lógica do mercado, são indispensáveis caso se pretenda estabilizar.

Também, no que respeita ao crescimento desse mercado, é de notar que a biomassa terá de ser devidamente considerada em termos de mecanismos de incentivo à sua utilização para fins energéticos, através da Tarifa Verde, aplicada aos recursos renováveis, equiparando-a às outras fontes renováveis.

Entre outros constrangimentos consideram-se, ainda, os seguintes:

- Inexistência de uma política conjunta, para a biomassa de origem florestal, agrícola e animal.
- Conhecimento desactualizado da disponibilidade de biomassa florestal para fins energéticos, devidamente tipificada quanto à sua origem e localização geográfica. A ausência deste conhecimento pode gerar eventuais conflitos ao nível do planeamento estratégico das energias renováveis e à não sustentabilidade localizada do recurso florestal.
- Organização de arranjos produtivos locais/regionais que favoreçam a interacção entre empresas para aproveitamento dos resíduos.
- Necessidade de investimento pelo sector empresarial no desenvolvimento de novas soluções e/ou ajustes tecnológicos.

-Dificuldades no abastecimento pela existência de diferentes fontes e agentes intervenientes na fileira florestal, que não se dedicam exclusivamente ao negócio da biomassa.

-Ausência de trabalhadores no meio rural.

-Ausência de mercado para os resíduos florestais, que não criou a tradição de recolha de resíduos em grande escala.

-Ausência de circuitos de informação que fundamentem as políticas, os incentivos e as tecnologias a utilizar.

-Dificuldade na conjugação entre a exploração de material lenhoso e a recolha de resíduos florestais, não só pela inexistência de equipamentos específicos de recolha de resíduos, como também pelas limitações inerentes ao tipo de propriedade florestal: dimensão, dispersão e orografia.

-Necessidade de ajustes tecnológicos para resíduos de diferentes espécies.

-Ausência de conhecimento científico que fundamente o balanço entre a recolha de resíduos e o fundo de fertilidade dos solos.

-Concorrência ao nível do mercado das diversas fontes de energias alternativas.

-Mercado procura/oferta imprevisível.

4.12.8 - Vantagens da biomassa para produção de energia

O nosso país dispõe de grande potencial no domínio de algumas fontes de energia renováveis, atendendo à localização, características e recursos naturais do seu território. O aproveitamento da biomassa constitui um desafio prioritário da nossa política energética, é um vector de desenvolvimento do País indo ao encontro dos objectivos nacionais de reforço da segurança e da diversificação do abastecimento de energia, de protecção ambiental e de coesão social e económica.

A agência internacional de energia (AIE) calcula que dentro de mais ou menos doze anos, cerca de 30% do total de energia consumida pela humanidade será proveniente da biomassa.

O aproveitamento da biomassa florestal, como fonte de energia renovável, pode revelar-se numa oportunidade de valorização do mundo rural, com melhoria da gestão das explorações, na criação de empreendimentos, numa óptica de fileira

florestal, tendo em vista o desenvolvimento de um cluster ligado às energias renováveis.

A energia proveniente da biomassa, apresenta um conjunto importante de vantagens de natureza tão diversa como a redução da emissão de gases com efeito de estufa, o aumento da diversidade de oferta de energia, a produção de energia sustentável a longo prazo, a criação de oportunidades de emprego, o desenvolvimento económico local e a diminuição das importações de combustíveis convencionais.

A utilização da biomassa apresenta ainda as seguintes vantagens:

- Grande quantidade e diversidade de materiais disponíveis.
- Florestas mais atractivas.
- Decréscimo de pragas e doenças.
- Disponibilidade praticamente em todo o país.
- Baixo custo do material.
- Grande número de técnicas para aproveitamento, já desenvolvidas no mundo.
- Balanço positivo de CO₂ (a biomassa florestal fixa mais CO₂ do que liberta na queima).
- Diminui o risco fitossanitário e de incêndio florestal.
- Aumenta a segurança do aprovisionamento.
- Energia armazenável e despachável (permite transformá-la em electricidade e /ou calor quando precisarmos).
- Transformar em energia junto da produção/consumo (transformação descentralizada/menores perdas de energia).
- Cria riqueza (investimento e emprego).

CAPÍTULO 5

5 – Agentes bióticos nocivos

A acção dos agentes bióticos nocivos acelera a degradação ecológica e reduz o valor económico dos ecossistemas florestais. A acção destes agentes reflecte-se de forma diferenciada consoante a sua natureza e a especificidade local das estações, traduzindo-se, nomeadamente, na aceleração dos processos erosivos do solo, em alterações no regime hídrico e na redução da biodiversidade. Estes factores apresentam uma íntima dependência do coberto florestal, cuja composição e estrutura é, mais ou menos, afectada pela acção de agentes nocivos. Em última instância, a vitalidade dos ecossistemas e das comunidades e o potencial produtivo das estações fica ameaçado, tornando necessária a implementação de medidas que invertam os processos de regressão ecológica.

Um elemento da estratégia, para reduzir a vulnerabilidade a pragas e doenças, consiste em reduzir a área florestal sujeita a stress devido à inadequação entre as características edafo-climáticas e as aptidões das espécies ou à incorrecta execução de práticas culturais e de exploração. A compartimentação do país em zonas de uso dominante e a reconversão progressiva da floresta marginal levará, a longo prazo, a uma melhor especialização do território e a uma menor susceptibilidade a agentes bióticos.

A capacidade de detectar e desenvolver rapidamente conhecimentos sobre as causas e impactos do declínio, com vista à adopção de medidas de combate e à introdução rápida de medidas, incluindo as de quarentena nos casos em que se justifique, devem enquadrar-se na estratégia para reduzir os riscos de pragas e doenças.

5.1 - Estado fitossanitário do pinhal

O pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Ait.) é a espécie florestal que ocupa a maior área em Portugal, apresenta por isso, grande importância a nível económico e ecológico.

A monocultura, agravada pela má gestão de muitos pinhais, deu origem a ecossistemas que, do ponto de vista sanitário, se podem considerar de grande risco, não sendo de estranhar que o actual estado sanitário global seja preocupante.

São vários os agentes bióticos e abióticos que podem contribuir para este estado, salientando-se de entre as pragas de insectos mais frequentes a Processionaria do pinheiro (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff), desfolhador responsável por estragos com alguma importância económica, os Bóstricos e as Hilésimas (escolitídeos tuandoais como *Ips Sexdentatus* (Boern.), *Orthotomicus erosus* (Woll.), *Pytiogenes bidentatus* (Herbst), *Tomicus piniperda* (L.) e *Hylastes ater* payk), insectos sub-corticais responsáveis pela morte de milhões de árvores em todo o mundo (Ferreira e Cabral, 1999), os gorgulhos do pinheiro (*Pissodes castaneus* DeG e *Hylobius abietis* L.), lepidópteros perfuradores dos rebentos (*Rhyacionia buoliana* Schiff.) que atacam plantações jovens (DGRF, 2008).

Recentemente o *Monochamus galloprovincialis* (Ol.), que normalmente é considerado como xilófago secundário dos pinhais, passou a ganhar importância com a detecção de nemátodo de madeira de pinheiro, *Bursaphelenchus xylophilus* em Portugal.

Para além dos insectos também, os fungos contribuem para a mortalidade ou declínio das manchas de pinhal bravo, estes provocam diferentes doenças consoante a sua especificação. Uns causam doenças radiculares tais como, *Armillaria* sp., *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref e *Rhizina inflata* (Schaff) Sacc., outros causam doenças das agulhas, *Botrytis cinera* Pers., Fr, *Dothistroma septospora* (Doroguine) Morelet, outros ainda causam doenças ao nível do tronco e ramos *Leptographium* sp. e por último *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko e Sutton e *Lophodermium seditiosum* (Minter, Stalay e Millar) que provocam doenças nas pinhas (DGRF, 2008)

Nos últimos anos, tem-se verificado uma diminuição gradual na área de pinhal, devida essencialmente à incidência de incêndios florestais e à introdução da doença do Nemátodo da Madeira do Pinheiro, em Portugal.

O Nemátodo da Madeira do Pinheiro, *Bursaphelenchus xylophilus* (Nicle e al., 1981), praga detectada em pinhais da região de Setúbal, está a provocar a perda de vitalidade e mortalidade dos pinheiros bravos, em grande escala. A presença deste parasita, classificado como organismo de quarentena pela legislação comunitária,

obriga o Estado Membro, onde a sua presença é detectada a tomar medidas específicas de controlo que impeçam a sua disseminação pelo restante espaço Europeu.

5.2 – Nemátodo

Os nemátodos são animais invertebrados, que formam um grupo bem definido e distinto. A grande maioria apresenta uma forma alongada e filiforme, corpo translúcido e dimensão microscópica. Distribuindo-se pela generalidade dos habitats, mas é ao nível do solo que ocorrem em maior abundância e com uma elevada diversidade.

Os nemátodos desempenham um papel essencial na estabilidade dos ecossistemas. Ao nível do solo, abarcam indivíduos exclusivamente não relacionados com as estruturas de uma planta, agrupados como de vida livre.

Por oposição, os indivíduos fortemente dependentes da planta, de uma forma permanente ou temporária, são englobados nos fitoparasitas.

Os primeiros consideram-se como globalmente benéficos e inofensivos para as plantas, desempenhando um papel primordial na qualidade de um solo, intervindo em processos como a decomposição da matéria orgânica (decompositores secundários), mineralização e reciclagem de nutrientes.

Os fitoparasitas são encarados como prejudiciais para as espécies vegetais, na medida em que a sua acção física e química induz graves problemas ao normal desenvolvimento de uma planta.

Estima-se que das 25 000 espécies conhecidas, cerca de 35% habitam no solo. Destas, aproximadamente 10% parasitam plantas, sendo capazes de infectar todas as partes (raiz, caule, bolbos, folhas, etc.), as estimativas apontam para que os nemátodos fitoparasitas sejam, em média, responsáveis por 13% das perdas a nível mundial em sistemas agrícolas e florestais. Mais de 3 biliões de nemátodos podem existir em 0,4 ha de solo (Caparica, 2002)

5.2.1 - Nemátodo da madeira de pinheiro

No ano de 1905, próximo de Nagasaki (Japão), foi pela primeira vez detectada uma mortalidade anormal de pinheiros e até 1930 vastas áreas foram progressivamente infectadas, registando-se perdas anuais na ordem de 30 000 a 200 000 m³/ano (Mamiya e Kiyohara, 1972).

Nos anos 70 foi identificado o nemátodo *Bursaphelencus lignicolus* (Mamiya e Kiyohara, 1972), como agente causal desta mortalidade dos pinheiros, posteriormente confirmado por outros autores. Actualmente, é reconhecido que a introdução do nemátodo no Japão resultou de madeira infectada proveniente dos Estados Unidos da América. Apenas em 1979, *Bursaphelencus lignicolus* foi descrita nos Estados Unidos da América, como agente patogénico de pinheiros. A sintomatologia foi reconhecida em 1981, passando então a ser designado por *Bursaphelencus xylophilus* (Nickle et al., 1981).

Na Europa foi por diversas vezes detectado em madeira importada (caixas, tábuas, aparas de madeira), dos Estados Unidos e Canadá, nomeadamente na Noruega, em França, na Suécia e na Alemanha.

Actualmente, o nemátodo está presente nos Estados Unidos da América, Canadá, China, Japão, República da Coreia, Taiwan e em Portugal, a partir de 1999.

O NMP foi classificado como organismo prejudicial às plantas e produtos vegetais, particularmente perigoso (Directiva 2000/29/CE do Conselho, de 08/05/2000), cuja introdução no território dos Estados membros da União Europeia deverá ser proibida. Este organismo, agente causal da doença conhecida como “doença do Nemátodo da Madeira do Pinheiro”, é um agente patogénico de reconhecido impacto negativo nas florestas de coníferas, sobretudo nos povoamentos do género *Pinus* L., a sua presença no território de um dos Estados Membros obriga à notificação imediata da sua ocorrência à Comissão Europeia e à implementação de medidas específicas de controlo que impeçam a sua disseminação pelo restante espaço europeu.

Os relatórios, das missões organizadas pela Comissão Europeia a Portugal, referem que o NMP está confinado à região sul de Portugal, numa área aproximada de um milhão de hectares. A sua presença obriga os Estados Membros a efectuar amostragem anual de acordo com as disposições legais da comissão europeia.

Uma vez alcançada a União Europeia (Portugal) pelo *Bursaphelenchus xylophilus*, o futuro dos pinhais não é muito animador uma vez que grande parte do território europeu apresenta condições óptimas para a difusão do nemátodo com expressão epidémica, pela existência de massas de pinheiros, constituídas por seis espécies, três das quais, *P. pinaster*, *P. sylvestris*, *P. nigra*, susceptíveis à doença e as outras três, *P. pinea*, *P. halepensis* e *P. radiata* que apresentam uma susceptibilidade média. Para além das plantas do género *Pinus* sp., são também hospedeiras coníferas (Coniferales) dos géneros *Abies.*, *Cedrus* , *Larix*, *Picea.*, *Pinus*, *Pseudotsuga.*, *Tsuga*, à excepção dos seus frutos e sementes.

Para além do mais, está difundida em toda a Península Ibérica a espécie *Monochamus galloprovincialis* (Ol.), identificado como o principal vector da doença.

Por outro lado, grande parte do território português está submetida a temperaturas médias estivais superiores a 20° C, óptimas para o desenvolvimento da doença na sua forma epidémica.

5.2.2 - Biologia

A espécie *Bursaphelenchus xylophilus*, da família *Aphelenchoididae*, tem como factor climático chave, para o seu desenvolvimento, a temperatura não tendo sido observados sintomas da doença, ainda que existam populações de nemátodo, em locais com temperaturas diárias médias inferiores a 20° C.

O *B. xylophilus* completa o seu ciclo de vida em 5 dias, em laboratório, a uma temperatura de 25°C, sendo o patamar mínimo de temperatura necessário para o seu desenvolvimento de 9,5 °C. A temperaturas superiores a 33°C não consegue reproduzir-se (Mamiya, 1979).

Este é um organismo de quarentena na UE, classificado pela Organização Europeia e Mediterrânica de Protecção de Plantas (OEPP) como praga de quarentena da lista A1.

A grande maioria dos nemátodos *Aphelenchoididae* é micófaga e a presença ou ausência de fungos influi na sua taxa reprodutiva. Estudos laboratoriais, realizados por Kishi, demonstraram que na presença de fungos, tais como, *B. Cinérea* e *Pestalotia* sp., a reprodução do NMP é muito mais rápida. A uma

temperatura constante de 25 °C, multiplicaram-se de 2 para 85 000 em apenas 2 semanas e cerca de 490 000 após três semanas.

O ciclo biológico do nemátodo inclui quatro estádios, designados por J_I a J_{IV}.

Entre o mês de Maio e o meio do mês de Julho, provavelmente devido ao aumento de temperatura ambiente, as larvas do terceiro estágio (J_{III}) do nemátodo aproximam-se da câmara pupal do insecto vector e passam a larvas do quarto estágio (J_{IV}), designadas por *dauerlarvae*, que estão adaptadas para serem transportadas pelo insecto vector para um novo hospedeiro, (Tomminen et al, 1989). As *dauerlarvae* passam para os imagos recém-formados, alojando-se principalmente nas suas traqueias (Linit, 1989).

Quando o insecto do género *Monochamus* se alimenta ou deposita ovos no hospedeiro, os nemátodos presentes no corpo do insecto, penetram no lenho, dispersam-se, alimentam-se e as larvas do nemátodo passam a adultos, copulam e começam a postura, dando origem a uma nova população.

O nemátodo reproduz-se nos canais resiníferos de coníferas, onde a taxa de multiplicação e a sua distribuição dentro da árvore dependem principalmente, da susceptibilidade da espécie arbórea, da disponibilidade de alimento, do estado de degradação do hospedeiro e da temperatura. Durante a fase de multiplicação, as fêmeas produzem em média oitenta ovos durante vinte e oito dias de postura.

A população de *B. xilophilus*, composta de machos, fêmeas e dos quatro estádios juvenis, alimenta-se sobre as células epiteliais dos canais resiníferos e fungos introduzidos pelos insectos secundários e pelas espécies vector.

Posteriormente, a população entra em declínio e evolui para uma fase de dispersão. Segundo Mamiya (1972), o *B. Xylophilus* hiberna no estágio larvar J_{III}, em pinheiros mortos, na fase denominada por “larvas dispersantes do terceiro estágio”. As larvas neste estágio são muito resistentes e podem sobreviver por longos períodos, em condições adversas, comparativamente a outros estádios larvares e aos adultos (Mamiya, 1972).

O nemátodo da madeira de pinheiro é um invertebrado (organismo que não possui coluna vertebral), é um animal microscópico, de menos de um mm, de comprimento total, pelo que não é possível a sua detecção à simples vista desarmada.

O *Bursaphelenchus xilophilus* apresenta as características típicas do seu género, são nemátodos delgados, de pequenos a longos, região cefálica alta, estilete bem desenvolvido, normalmente com pequenos engrossamentos basais, vulva média bem desenvolvida, apêndice genital masculino curvado ventralmente, cónico, com uma pequena bolsa terminal que pode ser vista em posição dorsiventral, espículas robustas, com forma de espinho de rosa, normalmente com um apêndice proeminente e rostro pontiagudo. A vulva usualmente com 70 a 80% de longitude corporal, saco, pós-uterino das fêmea em extensão normalmente de três a seis vezes a largura do corpo (Nickle et al., 1981).

Uma das características, da sua anatomia, que se diferencia de outras espécies de *Bursaphelenchus*, é o final da sua cauda, rodeada por uma espécie de disco. Esta diferença é difícil de identificar, pelo que tem que se recorrer a técnicas sofisticadas de diferenciação, no campo da microbiologia, que poucos laboratórios são capazes de realizar.

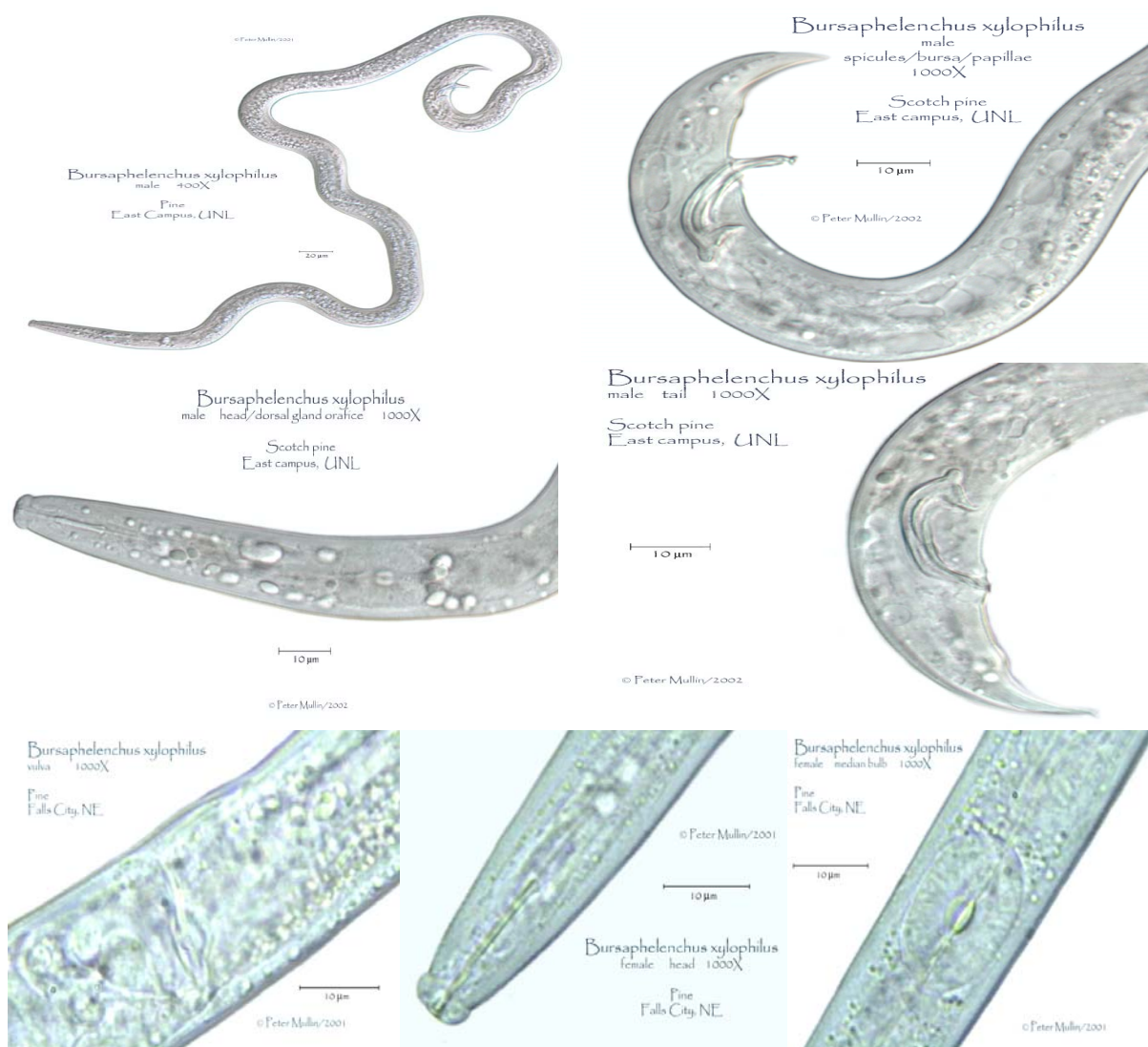


Figura 19 – Fotos de ampliação microscópica de *Bursaphelenchus xylophilus* .

5.3 - Biologia do insecto vector

Tal como já foi referido, o memátodo é transmitido por insectos (Coleóptera), o *Monochamus galloprovincialis* foi identificado como o principal vector em Portugal.

A duração do ciclo de vida do *Monochamus spp.* depende da temperatura e estende-se entre 1 a 2 anos, no entanto, nas zonas frias o seu completo desenvolvimento requer dois anos ou mais, usualmente, apresentam uma geração por ano.

O vector na fase de imago apresenta corpo acastanhado ou negro, antenas avermelhadas ou muito escuras, pubescência amarelada ou acinzentada, disposta

em manchas irregulares na cabeça pronoto e élitros. Tem duas a três manchas transversais, sendo a mancha mediana larga, a cabeça grosseiramente pontuada – vermiculada, as antenas do macho são mais longas, élitros granulados na base, pontuados na parte restante e acuminados no ápice, o comprimento dos machos é cerca de 18,7 mm ($\pm 2,4$ mm) e das fêmeas de 19,3 ($\pm 2,1$ mm), (Francardi e Pennacchio, 1996) (figura 20).

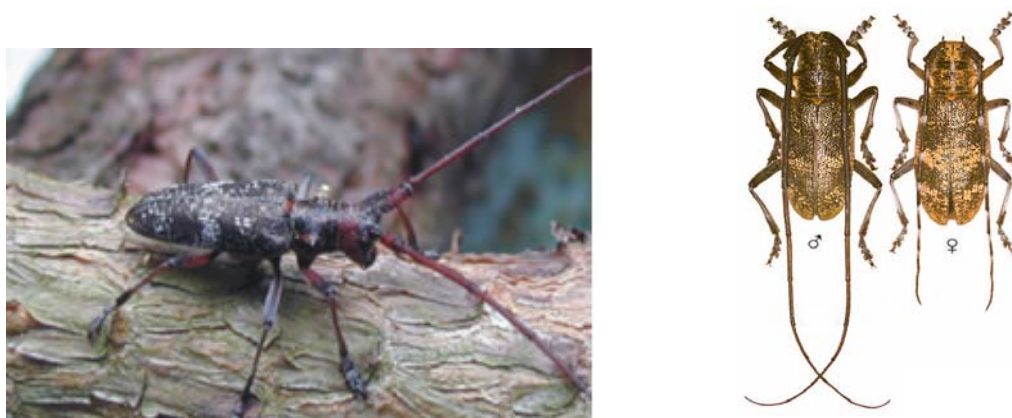


Figura 20 - Vector -*Monochamus galloprovincialis*.

As espécies do género *Monochamus* são xilófagas, ou seja, vivem na madeira e alimentam-se da mesma. O *Monochamus galloprovincialis*, da família Cerambycidae, encontra-se geralmente associado a árvores decrépitas, em declínio (por corte, derrubadas pelo vento ou por acção mecânica), mortas ou a toros recentemente cortados, para o acasalamento e postura (Linit, 1987).

Após o acasalamento, que ocorre no tronco da árvore, a fêmea utiliza as mandíbulas para escavar fendas na casca do hospedeiro em stress, sendo estas o local de postura (Evans, et al., 1996). Os ovos são brancos opalescentes com córion finamente reticulado, de forma alongada. As medidas médias são de 3,34 mm por 0,85mm (Francardi e Pennacchio, 1996).

Posteriormente, as larvas eclodem, escavam uma galeria centrípeta, para o interior da madeira, com a entrada oval e a terminar na câmara pupal. As larvas são achatadas, brancas, podendo atingir nos últimos estádios larvares cerca de 4 cm de comprimento quando maduras, corpo coberto com pêlos pequenos e avermelhados, cabeça brilhante, lisa e deprimida, mandíbulas negras. Labro pontuado na metade anterior, antenas com 4 segmentos, o último com pequenas sedas. Protórax com

uma faixa avermelhada, abdómen com fortes saliências retrácteis e pequenos tubérculos dispostos simetricamente nos segmentos (Francardi e Pennacchio, 1996).

As larvas jovens iniciam o seu desenvolvimento em galerias individuais, no floema sub cortical, penetrando após algumas semanas no xilema (madeira), onde a maior parte da população sobrevive durante os meses de Inverno.

Não se conhece o número de estádios larvares para cada espécie, mas para outras espécies do mesmo género estão referenciados quatro estádios para o *M. alternatus* e entre 3 a 8 para o *M. carolinensis* (Naves et al, 2005).

Após, dez a treze meses de desenvolvimento larvar, o adulto recém-formado escava uma nova galeria, emergindo por um buraco circular. As emergências ocorrerem geralmente, ao longo de quatro meses consecutivos, de Maio a Agosto, com um pico em Junho/Julho, podendo contudo antecipar ou prolongar consoante a temperatura do ar, (Evans, *et al.*, 1996). Os adultos voam para as copas das árvores, onde se alimentam, roendo a epiderme dos ramos do ano ou do ano anterior.

O ciclo de vida deste insecto parece ser regulado pela existência de uma fase de dormência obrigatória, que afecta as larvas no último estágio, antes da pupação. Esta dormência apresenta afinidades com a diapausa e manifesta-se nas larvas, independentemente da temperatura ambiente e fotoperíodo.

As pupas são brancas com pequenos espinhos avermelhados, agrupados na frente, na base, à volta do labro, no tórax, e nos bordos posterior e dorsal dos primeiros sete segmentos abdominais. O último segmento abdominal está dividido em dois lobos, com 6 espinhos avermelhados, antenas enroladas em espiral na fase ventral, o nono segmento abdominal possui um espinho perpendicular ao eixo do corpo (Francardi e Pennacchio, 1996).

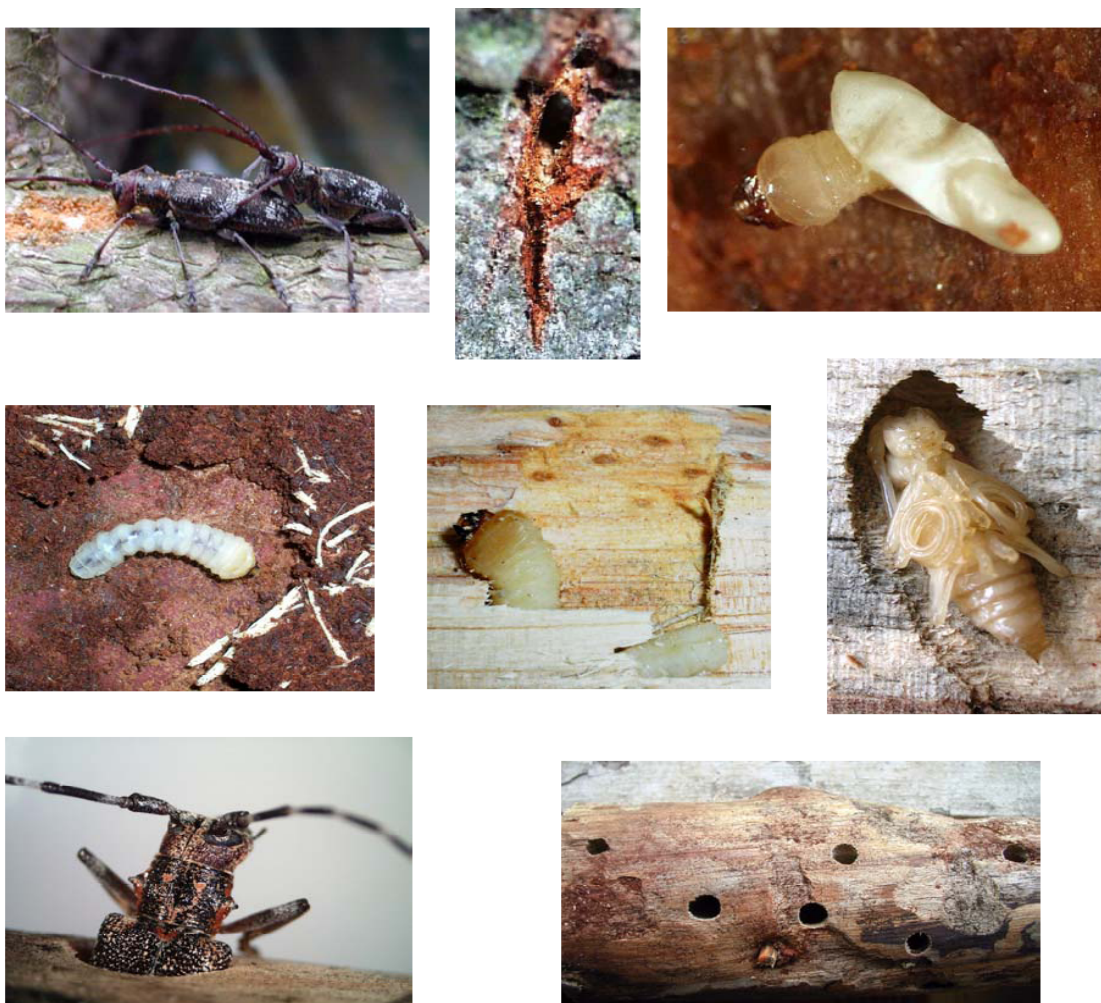


Figura. 21 – *M. galloprovincialis* , postura de ovos , alimentação, ferida , galeria em ramo de *P. Pinaster*, larva na galeria sub-cortical, maturação larvar, pupa na câmara pupal na madeira, emergência (Naves et al, 2005)

5.4 - Transmissão e dispersão do NMP

A actividade humana através das suas práticas florestais habituais, o comércio e o transporte diversificado, é capaz de dispersar a grandes distâncias, o *B. Xylophilus* e seus vectores, tendo sido interceptados, em numerosas ocasiões, durante o comércio internacional de madeira de coníferas, nas suas diferentes formas, tais como madeira serrada, rolos, e estilha.

O *B. Xylophilus* para passar de uma árvore para outra necessita de um insecto vector e os Cerambicideos do género *Monochamus* revelaram-se como os mais eficazes, tal como já foi referido.

O género *Monochamus* compreende cerca de 150 espécies distribuídas um pouco por todo o mundo, com particular incidência na Africa Equatorial (Hellrigl, 1971).

No Japão, o *M. Alternatus* é o principal vector, enquanto que nos Estados Unidos este papel é atribuído ao *M. Carolinensis* (Ol.) e *M. Scutellatus* (Say) e no Canadá *M. Maculosus* (Dropkin e Foudin, 1981).

Na Europa são conhecidas cinco espécies do género *Monochamus* associados a coníferas: *M. Urussovi* Fisher, *M. Sutor* (L.); *M. Sartor* (F.); *M. Saltuarius* (Gebler) e *M. Galloprovincialis* (Ol.) (Dominik, 1981)). Destas apenas duas são dadas como existentes em Portugal: *M. Sutor* e *M. Galloprovincialis* (PROLUNP, 2006). Para este último, alguns autores consideram a existência de duas subespécies na Europa: *M. galloprovincialis* (Ol), na região meridional, e *M. galloprovincialis pistor* (Germ), predominante nas regiões montanhosas de influência continental.

Outras espécies de insectos xilófagos de diversos géneros da mesma família Cerambycidae, alguns Buprestidae y Curculionidae, foram citadas como meros transportadores de indivíduos de *B. xylophilus* nos seus corpos e não como vectores da doença na natureza.

As distâncias de dispersão natural de *B. xylophilus* a novas árvores dependem do comportamento de *Monochamus* spp., na procura de lugares de reprodução e alimentação. Por sua vez, a capacidade de voo e a sua actividade depende da temperatura e da proximidade de árvores hospedeiras atractivas. Geralmente, os adultos de *Monochamus* spp voam curtas distâncias, centenas de metros, podendo atingir cerca de 3 km em linha recta, no período entre Maio e meados de Outubro.

O memátodo e o insecto coabitam o mesmo hospedeiro, contudo a associação que existe entre ambos é condicionada pela existência das “*dauerlarvae*” do NMP e de insectos adultos (Linit, 1988).

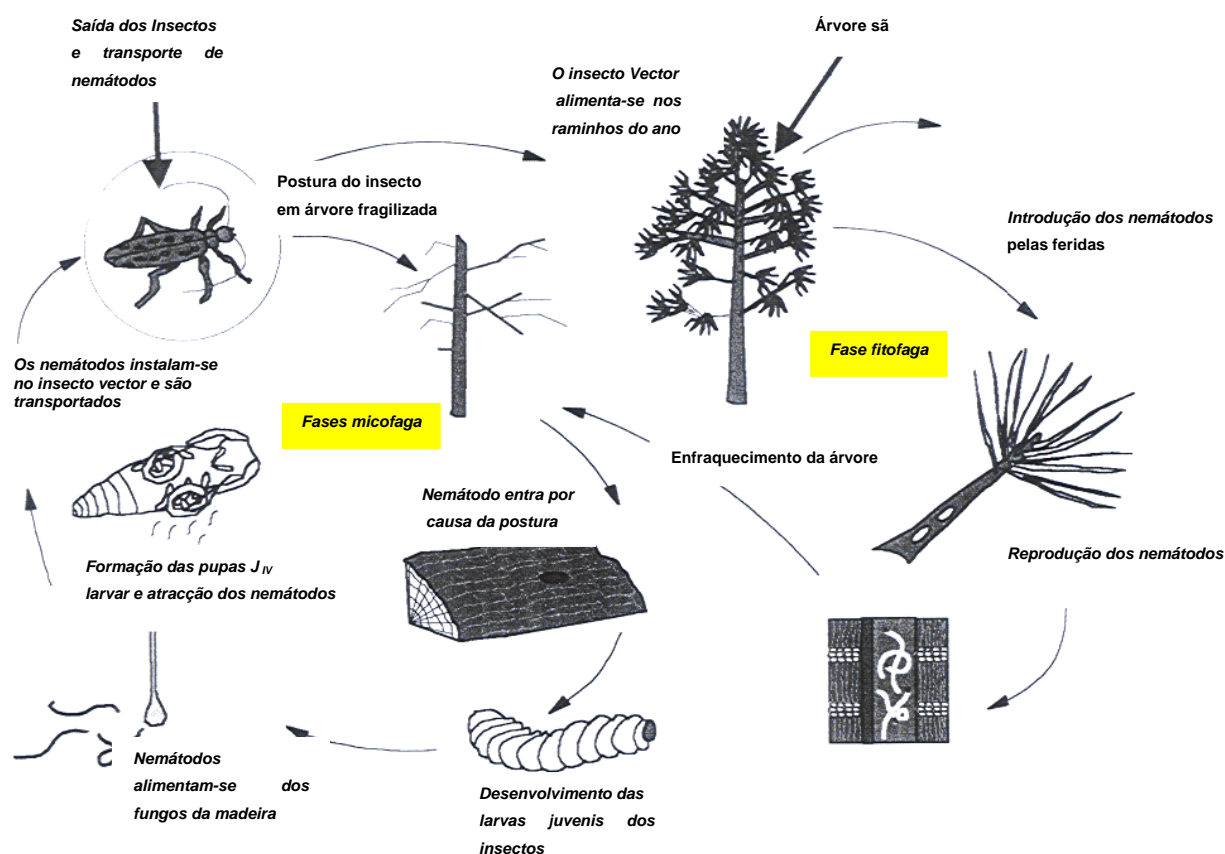


Figura 22 – Esquema simplificado da interacção entre o insecto vector, o nemátodo da Madeira de pinheiro e o hospedeiro (adaptado de Evans et al., 1996).

A associação entre o memátodo e o vector ocorre na madeira, na altura em que o insecto está na fase de pupa e os nemátodos se encontram no terceiro estágio larvar, tal como já foi referido. As larvas movem-se na madeira até alcançar as proximidades das câmaras pupais dos vectores, possivelmente atraídas por substâncias difundidas pelas pupas em metamorfoses, e aguardam a eclosão dos insectos para se introduzirem nas suas traqueias (Mamiya, 1972). Próximo do período de emergência do coleóptero, os nemátodos mudam para o quarto estágio larvar. Os adultos imaturos do *cerambícido* emergem da madeira transportando muitos nemátodos, ou seja, depois de passar por quatro estádios juvenis, as larvas de *B. xylophilus* são transportadas pelos adultos de *Monochamus*, de uma árvore infestada para outra.

A transmissão de *B. xylophilus* pode ocorrer durante o período de postura de ovos dos insectos nos troncos de árvores enfraquecidas, debaixo da epiderme, em que o nemátodo passa pela fase denominada micófaga, ou durante a alimentação do

insecto nos raminhos da copa de árvores saudáveis, fase do nemátodo denominada fitófaga, (Luzzi, et al., 1984). No primeiro caso, os nemátodos e insectos exploram os recursos alimentares da árvore enfraquecida, que para os nemátodos são as hifas e os fungos presentes na árvore. No segundo caso, os nemátodos abandonam os adultos e penetram nos raminhos pelas feridas de alimentação

5.5 - Sintomatologia do NMP em coníferas

A nível mundial, *B. xilophilus* já foi descrito em 22 espécies de pinheiros, para além de outras resinosas, nomeadamente *Cedrus*, *Larix* e *Picea* (Wingfield *et al* 1982). Na Europa mediterrânica, presume-se que *Pinus Pinaster* L. e *P. sylvestris* L. sejam as espécies mais susceptíveis (Evans *et al*, 1996). A sintomatologia associada ao *B. Xilophilus* não apresenta grandes diferenças entre as espécies florestais susceptíveis à sua infestação.

É entre o início da Primavera e o princípio do Outono que surge o maior número de árvores com sintomas visuais da presença de NMP. Contudo, estes primeiros sintomas são comuns a muitas outras causas, desde a influência do clima, envelhecimento das árvores ou doenças causadas por fungos patogénicos, pelo que o seu diagnóstico só é possível através de análises laboratoriais de amostras de madeira.

A redução da exsudação de resina é o primeiro sintoma, normalmente detectada duas a três semanas após a infecção, deve-se à rotura dos canais resiníferos e à difusão das oleoresinas para os traqueídeos adjacentes, provocadas provavelmente pela actividade de algumas enzimas produzidas pelo nemátodo.

Posteriormente, verifica-se a redução ou mesmo a interrupção da circulação da seiva com consequente redução da transpiração, provocando o aparecimento de cloroses nas agulhas do segundo e terceiro ano de idade, estendendo-se gradualmente a toda a copa, seguindo-se a morte da planta, causada pela destruição das células do cambio, xilema e floema.

Uma árvore atacada não tem possibilidade de recuperação e geralmente morre três ou quatro meses após a infecção (*Pinus sylvestris*) existindo contudo outras espécies em que a morte só ocorre muito posteriormente caso do *Pinus nigra* (Malek, 1984).



Figura 23 – Fotos da evolução e sintomatologia de NMP em pinheiro, (PROLUNP, 2006).

5.6 - Medidas de controlo e combate à doença

Foi criado em Setembro de 1999, na dependência directa do Secretário de Estado do Desenvolvimento Rural, o Grupo de Acompanhamento do Nemátodo do Pinheiro – GANP, que definiu os procedimentos, medidas e acções que levaram à elaboração do Programa Nacional de Luta Contra o Nemátodo da Madeira do Pinheiro – PROLUNP, encarregue de disponibilizar os meios necessários e desenvolver as ferramentas de intervenção, de modo a adequar o programa e os restantes componentes do sistema à evolução da situação nacional e internacional.

Como resultado, foi estabelecido um quadro legislativo específico que assegura o enquadramento legal das medidas de controlo fitossanitário necessárias para a minimização do risco de dispersão do NMP no território nacional e, consequentemente, permite a manutenção da actividade da fileira florestal e da indústria transformadora de madeira de coníferas, essencialmente vocacionada para a exportação.

A resolução do problema passou pelo envolvimento da Administração Pública e de todos os agentes do sector florestal, com interesse económico e territorial na exploração dos povoamentos de pinheiro bravo.

Foi considerada a divisão do território continental numa Zona de Restrição (ZR), que abrange a Zona Afectada (ZA), zona onde se conhece a presença do Nemátodo da Madeira do Pinheiro e que está sujeita às restrições sanitárias e comerciais europeias decorrentes da presença do nemátodo, hoje em dia abrange cerca de 510 000 ha e a Zona Tampão que é zona envolvente à zona afectada, com cerca de 500 000 ha e o restante território, isto é, a Zona Isenta (ZI), onde a única condicionante é a não recepção de madeira oriunda de zonas afectadas, no período de voo do insecto vector, no restante território. Na ZI na qual estão incluídas 'Áreas de Risco', ou seja, locais de armazenamento e/ou processamento de material lenhoso, quer ele seja madeira na sua forma natural ou transformada, nomeadamente serrações, portos e aeroportos.

Em termos gerais, a estratégia fitossanitária adoptada para evitar a dispersão da doença, consistiu na monitorização periódica da Zona Isenta e erradicação de árvores com sintomas de declínio na Zona de Restrição, identificadas através de campanhas de prospecção, complementada com o controlo das populações do insecto vector e a fiscalização e controlo dos fluxos de madeira de coníferas. Foi ainda delimitado, na campanha de 2006/2007, um corredor livre de coníferas hospedeiras do nemátodo e seu insecto-vector, com ou sem declínio, conhecido por Faixa de Contenção Fitossanitária que é uma faixa de corte raso, de forma a criar uma zona livre de hospedeiros preferenciais (pinheiros bravos) do nemátodo e insecto vector, na periferia da Zona de Restrição, com o intuito de minimizar riscos de dispersão da doença, tal como foi aprovado no Plano de Acção aprovado no seio do Comité Fitossanitário Permanente em Julho de 2006, de acordo com o art. 2 da Decisão da Comissão 2006/133/EC.

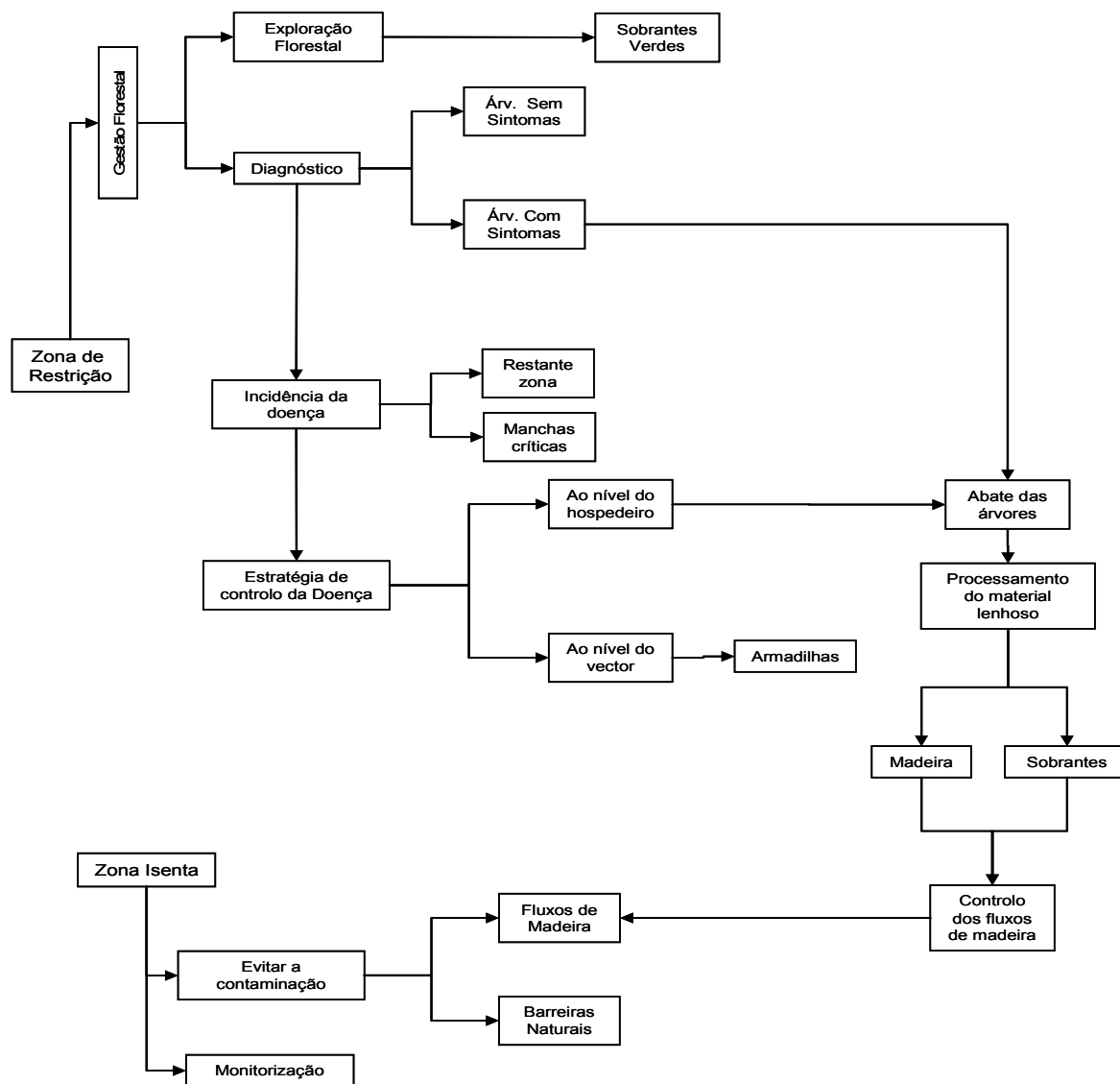


Figura 24 – Estratégia Fitossanitária adoptada em Portugal. (Rodrigues, J., 2006)

O Comité Fitossanitário Permanente da Comissão Europeia realizou um grande esforço, promovendo um grande número de reuniões especializadas, missões em diferentes países, como a Finlândia e o Canadá, com investigadores dos países afectados, assim como estudos e projectos de investigação que determinaram os requisitos que devem estabelecer os Estados para a introdução de madeiras de coníferas de todo o tipo, em particular, para a madeira serrada e para a que conserva a sua superfície redonda originária dos países onde o MMP está presente. Estes deverão demonstrar que a madeira foi submetida a um tratamento térmico adequado a fim de alcançar uma temperatura central mínima de 56 °C durante 30 minutos.

Uma das medidas de controlo da associação *B. xylophilus* / *Monachamus spp.* consiste na manutenção de um alto nível de higiene na floresta e parques públicos afectados, eliminando as árvores mortas e decadentes, de forma a limitar as possibilidades de crescimento e multiplicação de *Monachamus spp.*

É particularmente importante a retirada rápida da madeira infectada, antes da emergência dos insectos adultos, para transformação industrial com recurso a um processo de choque térmico, em câmaras em que se alcance temperaturas de quarentena. O tratamento térmico da madeira infectada garante a eliminação tanto de *B. xylophilus* como dos seus vectores. Quando realizado correctamente, proporciona o mais alto nível de segurança fitossanitária mas é necessária uma certificação do cumprimento do mesmo.

Durante 1994, detectaram-se frequentes incumprimentos do sistema, pelos operadores Canadienses, apesar das numerosas inspecções efectuadas pelas autoridades fitossanitárias, e falhas nos sistemas de controlo das câmaras de tratamento, que se evidenciaram ao serem detectadas larvas de cerambícidio vivas nas inspecções dos portos do Reino Unido.

5.6.1 - Resultados

O PROLUNP – Programa de luta contra o nemátodo da madeira de pinheiro procura integrar um sistema que dê resposta ao problema do NMP, compreende, para esse fim, as componentes operacionais de Prospeção (identificação), Erradicação (abate, trituração e queima da sobranças), Controlo do Vector (armadilhas), Monitorização (verificação) e fiscalização/inspecção (controlo processual).

A estratégia do PROLUNP, cujo objectivo principal consiste na erradicação total do nemátodo da madeira do pinheiro, assenta em quatro pontos-chave:

- Eliminação das árvores com sintomas de declínio.

Neste ponto encontra-se previsto que o proprietário das árvores com sintomas de declínio tem que proceder à sua eliminação, se tal não suceder o Estado substituirá o mesmo e removerá igualmente todos os pinheiros bravos num raio de 5 m à volta do sintomático.

- Gestão de áreas com elevadas densidades de árvores com sintomas de declínio – Manchas Críticas.
- Implementação de uma faixa de contenção fitossanitária.
- Revalorização Florestal da Zona.

A Zona de Restrição foi sendo alterada ao longo dos anos como resultado da evolução da doença (figura 25), visto que a detecção de novos casos positivos na Zona Tampão obrigou à redefinição dos limites da Zona Afectada e consequentemente da Zona de Restrição

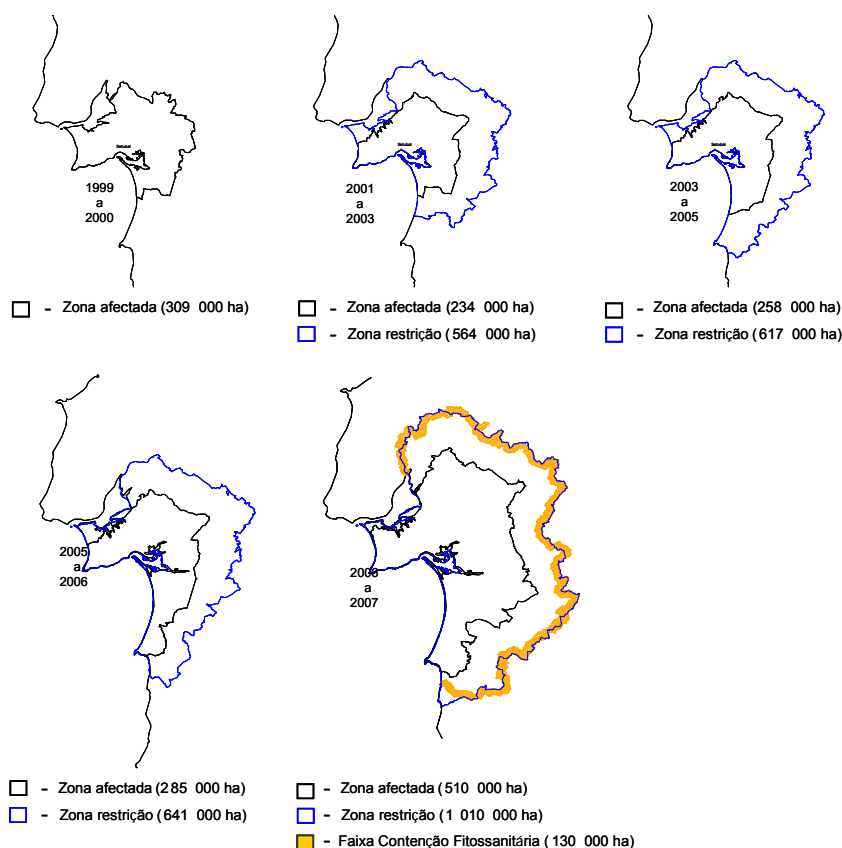


Figura 25 - Evolução da Zona de Restrição e da Zona Afectada (Rodrigues, J., 2006)

Na zona restrição, a erradicação da doença do nemátodo do pinheiro leva ao abate anual de mais de 325 000 coníferas, das quais resulta um total de biomassa de aproximadamente 107 000 toneladas, das quais mais de 52 000 toneladas correspondentes aos sobrantes são queimadas no local sem qualquer aproveitamento. A este valor de sobrantes queimados “*in loco*” acresce o valor de

sobrantes da exploração florestal normal, que decorre anualmente nesta zona, e que origina um desperdício de biomassa no mínimo de três vezes este valor.

Segundo dados oficiais o número de árvores com sintomas de declínio detectadas na Zona de Restrição, potencialmente infestadas com o nemátodo, tem vindo a aumentar na Zona Afectada, desde a detecção da doença.

Os resumos dos valores mínimos, de evolução física, apresentados pelo PROLUNP até ao ano de 2006, são sistematizados no quadro seguinte.

	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
ZR (ha)	309 000	564 000	564 000	564 000	617 000	617 000	641 000
Área de pinheiro bravo (ha)	48 000	60 000	60 000	60 000	69 000	69 000	69 500
Nº de árvores sintomáticas	53 487	63 212	50 542	61 458	85 086	107 817	288 985

Quadro 8 – Actuação do PROLUNP (PROLUNP, 2006)

CAPÍTULO 6

6 – Peletes de biomassa florestal

O desenvolvimento auto-sustentável e a exploração de recursos naturais, com a devida protecção do ecossistema, têm sido um dos grandes paradoxos para a humanidade e em especial para a comunidade científica.

Diante das necessidades de sobrevivência e exploração dos recursos naturais o homem tem desenvolvido ao longo dos anos, várias técnicas de aproveitamento dos recursos disponíveis e muitas dessas técnicas suscitam grandes questões quanto à sua eficiência e efeitos futuros.

Somando a necessidade de desenvolvimento dessas técnicas com o evento da crise energética mundial, surgiu em todo o planeta a necessidade de realizar esforços consideráveis no estudo e aproveitamento de fontes de energia alternativas de energia entre as quais se encontra a biomassa, que abarca toda a matéria orgânica em geral e os vegetais em particular. A biomassa florestal, devido às suas características, passou a ser encarada não como um material indesejável, mas sim como uma fonte de energia.

Todas as indústrias que utilizam a madeira como matéria-prima produzem grandes quantidades de resíduos. Segundo avaliações diversos autores os resíduos florestais representam cerca de 30% do total de matéria seca produzida por 1 ha de floresta de coníferas, com disponibilidade para uso imediato.

Na maioria das vezes, esses resíduos constituem um grave problema devido à quantidade, dispersão e dificuldade de manuseamento que apresentam, como característica intrínseca da cadeia produtiva florestal, constituindo um grande passivo ambiental.

Por outro lado, exigem grandes áreas para armazenamento ou simplesmente são queimados ou incinerados sem que haja aproveitamento da energia neles contida.

A biomassa florestal apresenta, ainda como desvantagens a baixa densidade, alto teor de humidade, dimensões heterogéneas e a difícil recolha, armazenamento e transporte, assim quando existam resíduos florestais é preferível densificá-los a

utilizá-los no estado natural ou deixá-los no terreno, o que dificultaria as subsequentes operações culturais na floresta.

Dentro do contexto actual, em face das perspectivas de esgotamento das fontes de combustíveis fósseis, das resoluções do Protocolo de Quioto e das pressões ambientais, por parte das entidades ambientalistas e governamentais, de instituições de pesquisa e da própria sociedade, torna-se fundamental o desenvolvimento de alternativas energéticas que atentam tanto ao suprimento de energia quanto ao desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, a indústria de peletes, constitui uma importante alternativa para o problema ambiental causado pelos resíduos provenientes da erradicação da doença NMP, além de contribuir para uma diminuição dos custos com o controle da doença, conseguida através da venda do produto e oportunidade de negócio por meio da comercialização de créditos de carbono, criação de emprego e desenvolvimento tecnológico.

Pela análise da cadeia produtiva de peletes, pode-se depreender que existem problemas que afectam o sector ao nível da sua associação ao mercado interno, de entre os quais:

- Transporte de matéria-prima (resíduos) até à fábrica, em função da baixa densidade, ou seja, baixa concentração energética por unidade de volume, torna-se oneroso. No caso de resíduos lignocelulósicos a distância economicamente viável é de 80 Km.

- Heterogeneidade da matéria-prima. Os resíduos lignocelulósicos são caracterizados por apresentarem grande heterogeneidade (forma, teor de humidade, granulometria,...) consequentemente, o processo produtivo pode tornar-se oneroso, uma vez que é necessária a padronização desse material, bem como ajuste dos equipamentos envolvidos na produção, a fim de obter um produto mais homogéneo e de qualidade.

- Competitividade com outras fontes. O pelete é um produto que compete directamente com a lenha e o carvão vegetal. Para gerar a mesma quantidade de energia, o custo da utilização de peletes é 3 vezes maior que o da lenha e 2 vezes mais que do carvão vegetal.

- Necessidade de políticas e linhas de crédito que estimulem o investidor/empreendedor.

-Carga tributária elevada.

-Necessidade de divulgação do potencial de geração de energia a partir de biomassa e consequentemente do potencial de criação de divisas para o país com a comercialização de produtos energéticos à base de biomassa, bem como a participação e o comércio de créditos de carbono.

-Necessidade de elevado investimento em capital circulante para sustentar a produção por períodos superiores a 6 meses.

6.1 - Características dos peletes

Uma das formas de melhorar a qualidade da biomassa na combustão é a densificação, que aumenta a sua homogeneidade tornando mais fácil e económico o seu transporte (Kanury, 1994), e apresenta uma taxa de combustão comparável à do carvão, uma combustão mais uniforme e a redução da emissão de partículas (Werther *et al.*, 2000).

A densificação eleva a massa específica aparente da biomassa em muitos casos, 5 a 10 vezes superior ao material de origem.

Os standards europeus para o combustível pelete, definem valores limites para as suas características em relação a valores como a densidade a granel, a densidade por unidade, o conteúdo de cinzas, o conteúdo da humidade, o poder calorífico, concentração de substâncias como enxofre, azoto, cloro, etc.

As normas utilizadas nos diferentes países produtores são bastante idênticas. Com excepção da Suécia, todas as normas vigentes regulam o uso de aglutinantes. A norma sueca especifica as concentrações e a qualidade dos materiais que podem ser usadas em cada uma das classes de peletes.

O quadro 9 apresenta o resumo das especificações físico-químicas a cumprir pelos peletes de biomassa, regulamentadas pelas normas vigentes mais relevantes, nomeadamente a ÖNORM M 7135 (Áustria), DIN 51731 (Alemanha), SN 166000 (Suíça), SS 18 71 20 (Suécia) e normas da Austrian Pellets Association.

Parâmetro	Unidade	Valor máximo Intervalo
Diâmetro (D)	mm	4 a 10 ¹
Comprimento	mm	< 5 x D ^{1,4}
Densidade aparente	kg/dm ³	> 600 ³
Densidade da partícula	kg/dm ³	> 1.12 ¹
Humidade	% (ar)	< 10 ^{1, 3, 4}
Cinzas	% (db)	< 0.5 ^{1, 4}
PCI	MJ/kg (db)	> 18.0 ^{1, 4}
N	% (db)	< 0.3 ^{1, 2}
S	Mg/kg (db)	< 400 ^{1, 4}
Cl	Mg/kg (db)	< 200 ^{1, 4}
Abrasividade	% (ar)	< 2.3 ^{1, 4}
Cd	Mg/kg (db)	< 0.5 ^{2, 4}
Pb	Mg/kg (db)	< 10 ^{2, 4}
Zn	Mg/kg (db)	< 100 ^{2, 4}
Cr	Mg/kg (db)	< 8 ^{2, 4}
C	%	49,8 a 49,12
H	%	6,12 a 6,03
Ni	mg/kg	0,28 a 0,30
Fe	mg/kg	9,28 a 29,79
Na	mg/kg	61,52 a 7,78
Mg	mg/kg	64,42 a 85,43
Ca	mg/kg	0.57 a 0,64
K	mg/kg	0,31 a 0,46
Mg	Kg/mg	0,11 a 0,03

Nota: **ar** - as received (base húmida), **db** – dry base (base seca)

¹ de acordo com a norma ÖNORM M 7135; ² de acordo com a norma DIN 51731 e SN 166000 (não é válida para casca, apenas para comparação); ³ de acordo com a norma SS 18 71 20; ⁴ de acordo com as normas da *Austrian Pellets Association*

Quadro 9 - Características físicas e parâmetros de fabrico dos peletes madeira, (Oberberger and Thek, 2002).

O CEN (Comité Europeu de standardização) e os institutos de standardização de cada país produtor estão a cooperar para preparar uma norma europeia para os

combustíveis bioenergéticos, que regule a sua elaboração em toda a Comunidade Europeia.

As Normas CEN ou outras estabelecem procedimentos para diversos parâmetros entre os quais:

Dimensionamento

A medida de dimensão do pelete é definida pelo diâmetro, pelo comprimento e pelo peso. (cfr. o documento pre-normativo “*Fuel Quality Assurance*”).

Massa volúmica aparente

A massa volúmica aparente é a relação entre uma determinada massa de combustível sólido e o volume do recipiente cheio que a contém, segundo condições precisas.

Para a determinação da densidade aparente utiliza-se uma das seguintes relações:

$$D_{ar}(M_{ar}) = \frac{(m_2 - m_1)}{V}$$

$$D_{dm}(M_{ar}) = D_{ar} \times \frac{(100 - M_{ar})}{100}$$

Onde:

D_{ar} densidade aparente de material húmido;

D_{dm} densidade aparente de material seco;

M_{ar} conteúdo de humidade da massa recebida expressa em percentagem em peso (base seca);

m_1 o peso do contentor vazio em kg;

m_2 o peso do contentor cheio em kg;

V o volume do contentor cilíndrico empregado para efectuar para medir em m^3 .

Esta propriedade calcula-se utilizando a primeira relação se o material da análise estiver húmido e a segunda se o material estiver seco.

Conteúdo de humidade

O processo que permite medir o conteúdo de humidade do biocombustível é descrito na norma CEN/TS 14774.

A metodologia consiste na determinação da perda de peso da amostra de pellet, quando sujeita a tratamento térmico com temperatura de 105 °C.

Conteúdo de cinza

A norma de referência é a CEN/TS 14775.

A determinação do conteúdo de cinza de uma amostra de biocombustível baseia-se na massa residual, obtida após a sua combustão, e calcula-se pela seguinte expressão:

$$A_{db} = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100 \times \frac{100}{100 - M_{ad}}$$

Onde:

- . m_1 massa, em gramas, do prato vazio;
- . m_2 massa, em gramas, do prato com amostra ;
- . m_3 massa, em gramas, do prato com cinzas;
- . M_{ad} percentagem relativa ao conteúdo de humidade da amostra (em base húmida).

Dureza mecânica

A norma que descreve o procedimento para medir a durabilidade mecânica dos biocombustíveis é a CEN/TS *“Solid Biofuels – Method for determination of mechanical durability of pellets and briquettes”*.

O instrumento de medida da dureza mecânica é o *lignotester*, a medição deve ocorrer numa câmara onde a pressão é mantida a 70 mbar. A dureza calcula-se pela seguinte relação:

$$DU = \frac{m_A}{m_E} \times 100$$

Onde:

- . DU dureza mecânica (%);
- . m_E massa da amostra de pellets, depende do tratamento e é expressa em g;
- . m_A massa da amostra de peletes depois do tratamento e é expressa em g.

Quantidade de pó

A norma de referência para a determinação da quantidade de pó é *“Solid Biofuels – Methods for the determination of particle size distribution – Part 2: Oscillating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and below”*. Para efectuar a medição utilizam-se peneiros com diferentes diâmetros, de acordo com o pedido na normativa de referência (ISO 3310-1 *Test sieves – Technical requirements and testing – Part 1 . Test sieves of metal wire cloth* e ISO 3310-2 *Test sieves – Technical requirements and testing*).

6.2 - Peletes vs estilha de madeira

A estilha é constituída por pequenos pedaços de madeira, com um comprimento variável entre 5 e 50 mm, obtidos por estilhamento na direcção da fibra, contendo ainda partículas mais longas e uma razoável percentagem de finos (figura 29 II). A qualidade da estilha depende da matéria-prima e da tecnologia utilizada na sua produção. Na Europa, é comum encontrar três tipos diferentes de estilha de madeira:

1. Estilha de resíduos da floresta, como ramos, copas de árvores ou árvores inteiras, com valor comercial reduzido. Contém uma percentagem de humidade na ordem dos 50%, o seu tamanho varia desde partículas de pó até estilha e contém casca e folhas. Este combustível é adequado para as caldeiras que se encontram nas grandes centrais de produção de calor ("District Heating") ou de produção de energia eléctrica, como a Central Termoeléctrica a Resíduos Florestais de Mortágua (Portugal).

2. Estilha produzida nas serrações, com uma percentagem de humidade da ordem dos 40-50%, é usada, por exemplo, na indústria de pasta e papel ou no fabrico de aglomerados e outros painéis. Esta estilha tem melhores propriedades de combustão, mas é ainda muito húmida para as caldeiras pequenas, a não ser que seja seca antes de destrocada.

3. Estilha proveniente de cortes de árvores, sem ramos e folhas, deixada a secar, aproximadamente, 6 meses antes do seu destrocamento. Esta estilha contém cerca de 30% de humidade e deve ser uniforme em qualidade e tamanho.

Os peletes são um combustível ecológico, uniforme e cilíndrico (figura 26), são produzidos a partir da compressão da biomassa florestal estilhada, ou seja, a estilha pode ser utilizada directamente como combustível ou servir de matéria-prima para a produção de peletes.



Figura 26 – Peletes (I) e estilha (II).

A tabela seguinte apresenta os valores de algumas propriedades dos peletes e da estilha, permitindo a sua comparação.

Parâmetros	Peletes de madeira	Estilha de madeira seca
Poder calorífico	17.0 GJ/ton	13. 4 GJ/ton
- por kg	4,7 kWh/kg	3,7 kWh/kg
- por m ³	3077 kWh/ m ³	744 kWh/ m ³
% de humidade	8 %	25 %
Densidade	650 kg/m ³	200 kg/m ³
% de cinzas	0.5 %	1 %

Quadro 10 - Comparação peletes estilha.

Um m³ de peletes contém 4 vezes mais energia do que um m³ de estilha seca, produz metade das cinzas, tornando-os vantajosos quando utilizados como combustível, e ocupa cerca de 3 vezes menos espaço, o que é vantajoso para o armazenamento e transporte.

Algumas caldeiras disponíveis no mercado podem utilizar quer estilha quer peletes pois têm um sistema de controlo electrónico capaz de adaptar os parâmetros de combustão ao combustível seleccionado.

Esta flexibilidade na utilização do combustível pode revelar-se bastante útil e económica. Porém, neste caso, quer o armazenamento, quer o sistema de alimentação de combustível devem ser projectados tendo em consideração ambos os combustíveis.

6.3 – Elementos a considerar na matéria-prima

A madeira branda (coníferas, pinho entre outras) é considerada ligeiramente melhor como matéria-prima do que a madeira dura (*Quercus* entre outras), devido ao seu maior conteúdo de lenhina (Alakangas, 2002). A lenhina é um aglutinante natural das fibras da madeira e actua como tal no material que constitui os peletes (Alakangas, 2002), melhorando a firmeza e conexão destes.

Se a matéria-prima dos peletes contiver casca, o poder calorífico destes aumenta (Alakangas, 2002), mas infelizmente a proporção de cinzas resultantes também aumenta, isto devido ao teor de impurezas que a casca pode conter (Tilt, 2000).

O conteúdo de cinzas produzidos a partir de biomassa verde, também, é alto mas o seu poder calorífico diminui em relação aos peletes produzidos a partir de outro tipo de matérias-primas. Isto pode ser devido à redução de elementos voláteis, que ocorre durante o processo de secagem (Alakangas, 2002).

Outros problemas observados nos peletes produzidos com biomassa verde são, não poderem ser armazenados por períodos de tempo muito prolongados, contrastando com os fabricados à base de serrim e material lenhoso com período de secagem natural. A consistência deste tipo de peletes é reduzida e pode aparecer actividade microbiológica nestes em particular nos que incluem restos de casca (Alakangas, 2002).

Por todas estas razões, caso se pretenda produzir peletes a partir de biomassa verde, deve-se secar a matéria-prima, mas este procedimento torna-os menos competitivos que os produzidos a partir de serrim ou madeira parcialmente seca naturalmente (Alakangas, 2002).

6.4 - Tecnologia e processo de peletização

Os processos de densificação de biomassa consistem, na aplicação de pressão a uma massa de partículas, com ou sem a adição de ligantes ou tratamento térmico.

Os processos comerciais de densificação de biomassa permitem obter:

- Peletes - emprega uma matriz de aço perfurada com um denso arranjo de orifícios de 0,3 a 1,3 cm de diâmetro. A matriz gira e a pressão interna dos cilindros

forçam a passagem da biomassa através dos orifícios com pressões de $7,0 \text{ kg/mm}^3$. O pelete então formado é cortado por facas ajustadas ao comprimento desejado.

- briquetes - é uma modificação da peletização, a qual produz grandes cilindros ou cubos de 2,5 a 5 cm de diâmetro.

De uma maneira geral, as principais diferenças entre os processos consistem no tamanho do material densificado, equipamento utilizado, grau de moagem de matéria-prima, temperatura e pressão utilizadas.

O diagrama a seguir representa uma sequência geral de fabrico de peletes.

Diagrama de fluxo da peletização

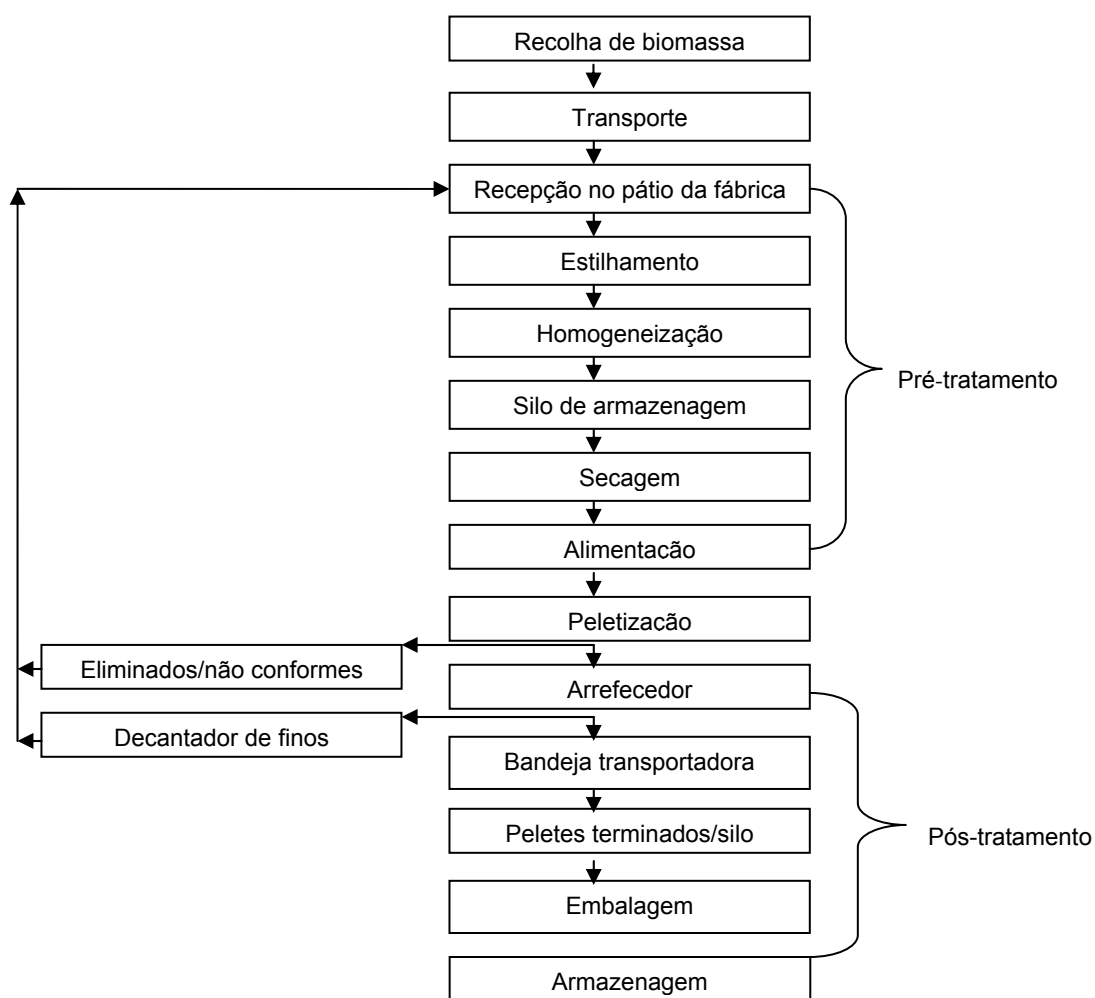


Figura 27 – Principais operações da produção de peletes de madeira.

6.4.1 - Recepção da matéria-prima

A matéria-prima pode ser madeira já triturada, designada de serrim ou estilha, proveniente, essencialmente, da indústria transformadora (entra directamente na etapa de homogeneização), ou madeira em bruto, proveniente da exploração florestal (inicia na etapa de estilhamento).

A matéria-prima é levada para a fábrica por camiões, posteriormente um carregador frontal equipado com uma pá descarrega-a no silo ou deposita-a no parque de apoio.



Figura 28 - Madeira preparada mecanicamente.

6.4.2 - Preparação da Fibra

A matéria-prima deve estar livre de qualquer tipo de material contaminante como pedras, vidro, metal e sujidade. Se a remoção de este tipo de contaminantes não se leva a cabo de maneira adequada, pode provocar falhas e avarias nos equipamentos, principalmente danos nos rolamentos de pressão. Se o produto estiver contaminado, as cinzas no momento da combustão aumentam consideravelmente.

6.4.3 - Estilhamento

O estilhamento pressupõe o processamento da biomassa em bruto e tem por função a produção de um produto final padronizado, a estilha. Este processo pode efectuar-se no local de exploração florestal ou no local de consumo ou transformação (bioparque da fábrica de peletização).

Conforme descrito no ponto 4.12.3 - Sistemas logísticos de processamento de biomassa, existem duas tipologias de processamento: o estilhamento por facas e por martelos. O primeiro é mais adequado para materiais homogêneos como árvores inteiras e o segundo para materiais heterogêneos, como por exemplo resíduos florestais.

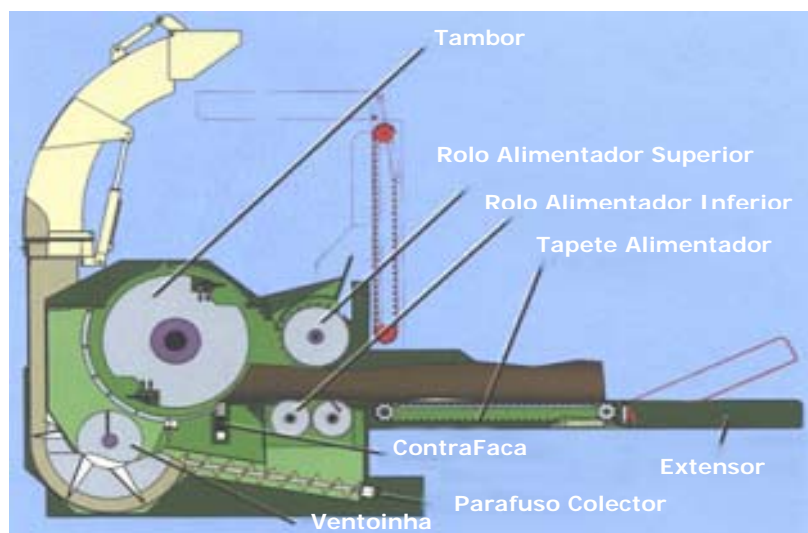


Figura 29 – Aspectos do Funcionamento de um Estilhador de Facas (Pezzolato) e do produto final produzido (Pezzolato, 2006).

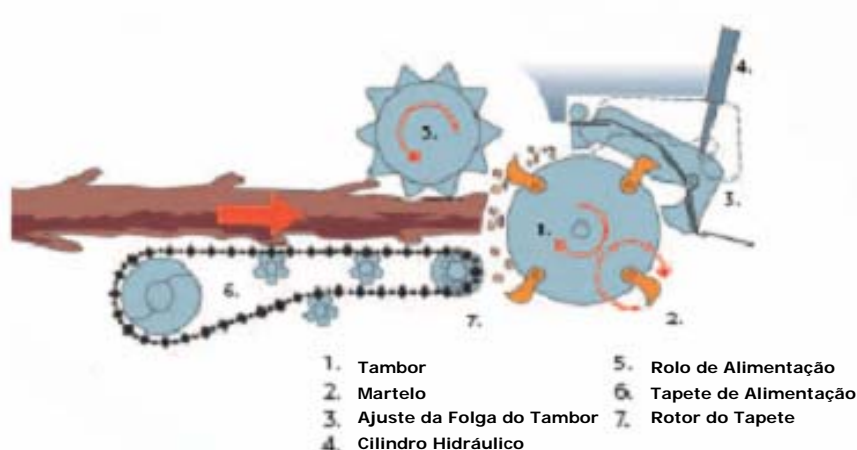


Figura 30 – Aspectos do Funcionamento de um Estilhador de Martelos (Willibald, 2007)

6.4.4 – Homogeneização

A matéria-prima, conforme o seu estado de trituração, pode ter necessidade de passar ou não pela fase de moagem. A moagem consiste, essencialmente, na diminuição do tamanho e a homogeneização na uniformização da matéria-prima, que no futuro constituirá os peletes. Esta tarefa é levada a cabo mediante a utilização de um “Martelo Triturador” (Hammer Mill) que funciona por meio de um motor eléctrico. Durante o seu funcionamento, o material constituinte do martelo triturador vai aquecendo progressivamente, este calor retira alguma humidade à matéria-prima. O consumo de energia nesta etapa é de 1kW/ton de matéria-prima triturada (Malisius, 2000). As partículas resultantes do processo de homogeneização devem apresentar uma granulometria aproximada de 1mm para poder ser processada.



Figura 31 - Martelo triturador, Hammer Mill .

A homogeneização e estabilização da biomassa têm como finalidade obter um produto com características constantes (o mercado requer que o produto tenha uma superfície externa lisa e muito resistente à abrasão, brilhante, sem fendas para evitar a formação de pó de forma a proporcionar um bom embalamento e transporte, pelo que deve ter uma boa resistência mecânica e ser de conservação fácil). Após esta fase, a matéria-prima chega à máquina peletizadora, através de um sistema de alimentação, que deverá funcionar de modo lento e firme para poder vencer o forte atrito do lenho.

6.4.5 - Secagem

Para obter um bom peletizado, a matéria-prima deve apresentar um conteúdo de humidade entre 8 e 12% (Alakangas et al, 2002). Como a matéria-prima costuma apresentar um conteúdo de humidade superior a 50%, torna-se necessário antes da sua utilização, reduzir o valor de humidade através de sistemas de secagem.

O sistema de secagem mais utilizado é o secador de Tambor Rotatório, que dependendo das suas características técnicas, seca a matéria-prima por meio de um fluxo contínuo de ar quente. Este tipo de secador pode utilizar como combustível lenha, gás natural, petróleo ou electricidade com um consumo médio de energia de 1MW/ton de material seco (Malisius, 2000).

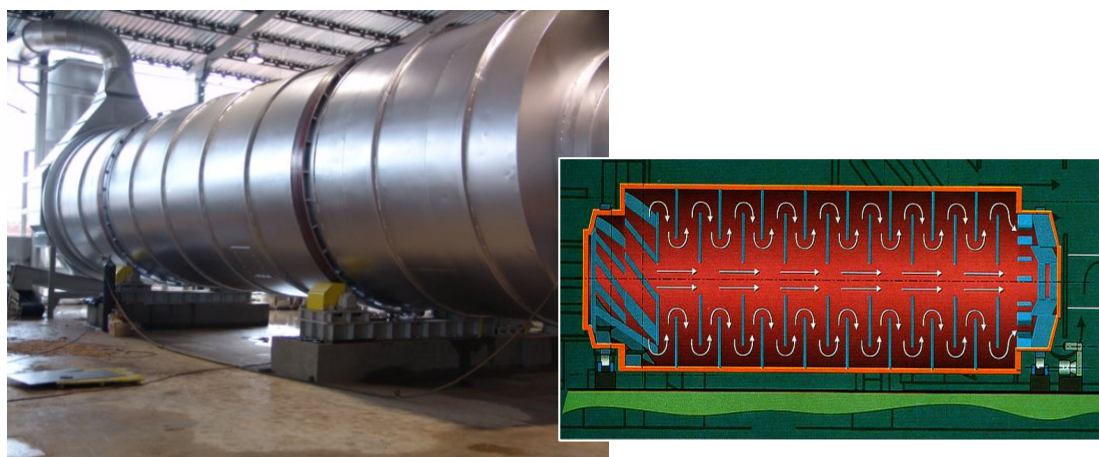


Figura 32 - Secador do tipo Tambor Rotativo, (Hansa Granul Ltda, 2006).

A temperatura dos gases no momento da entrada no secador é de 550°C, com uma velocidade de 2 m/s, que é produzida por um ventilador centrífugo com dois ciclones decantadores de partículas.

O secador é alimentado por um senfim em parafuso.

Da produção total de material que é seco, o secador consome uma média de 20,5% do material que é utilizado como combustível enquanto que os 79,5% restantes correspondem a matéria-prima seca pronta para ser utilizada.

Quando a matéria-prima está dentro do secador é elevada por meio de alhetas, situadas nas paredes do tambor, formando diferentes cortinas ao longo do cilindro, o que melhora o contacto destas com o ar quente. Uma vez seca a matéria-

prima, esta ingressa numa câmara de decantação que se situa na saída do secador seguindo até um senfim de descarga. Posteriormente através de uma cinta transportadora segue até ao triturador, ou silo de armazenamento.

6.4.6 - Peletizador

Após o redimensionamento da matéria-prima e obtenção de um conteúdo de humidade aceitável (8-12%), por meio de um sistema de alimentação automático, esta passa para a etapa seguinte do processo que corresponde à peletização. Previamente o material deve passar por um filtro que permite a reclassificação das partículas de acordo com o tamanho. As partículas não aptas são devolvidas à trituração, as que são aceitáveis são depositadas numa mesa doseadora que regula a entrada do material no peletizador, que deve garantir um fluxo contínuo e uniforme de material.

Uma vez no peletizador o triturado é acondicionado mediante o uso de vapor, que contribui para a humidificação superficial, actuando como lubrificante no processo de peletização. Assim, a adição de vapor contribui para que o aglutinante natural das fibras da madeira, a lenhina, actue com maior facilidade sobre as fibras que compõem os peletes.

A maioria dos equipamentos utilizados na peletização, incluem, os seguintes componentes:

- Sistema de alimentação;
- Câmara de mistura;
- Matriz perfurada e rolos de pressão;
- Máquina principal;
- Engrenagem redutora;
- Chassis.

6.4.6.1 - Sistema de alimentação de matéria-prima

Consiste num parafuso sem fim, que tem como principal característica o ajuste da velocidade em função das condições de funcionamento da máquina principal, conseguindo um fluxo contínuo no abastecimento de biomassa. Assim, impede que o

fumo ou outro tipo de possíveis contaminantes passem à etapa seguinte do processo de produção.

6.4.6.2 - Câmara de mistura

A função câmara de mistura é incluir aditivos na matéria-prima, que podem ser do tipo aglutinante, lubrificante ou protector dos efeitos da humidade. Está equipada com sistemas de tubos, para a saída de fumos, e sistemas de spray, que são utilizados para a aplicação dos aditivos. Actualmente, a maioria dos produtores de peletes na Europa, não são apologistas da aplicação de aditivos, devido ao facto de alguns destes produzirem fumos no momento da combustão. O que faz perder uma das principais características do combustível pelete, ou seja, ser um combustível livre de emissão de contaminantes .

Os aditivos não devem ser utilizados indiscriminadamente no fabrico dos peletes, até porque a sua aplicação encarece os custos de produção e na maioria dos casos não são necessários. Os aditivos utilizados não devem intervir na combustão nem produzir gases tóxicos.

Na produção de peletes de madeira, também são usadas colas naturais, como o amido do milho. Estas colas são adicionadas para facilitar o processo de prensagem, para melhorar o equilíbrio energético e a resistência abrasiva do produto. O limite máximo para as colas é de 2%, para minimizar o teor de cinzas, dado que a matriz de cinzas está otimizada para o sistema de combustão.

O vapor é o aditivo mais utilizado na peletização. Este pode ser seco ou estar ligeiramente quente, para secar o material, mas tendo a precaução de não elevar a temperatura da matéria-prima em excesso. O uso de vapor contribui para diminuir o tempo de uso dos rolos e faz com que os peletes sejam mais fortes e coesos.

6.4.6.3 – Matriz e rolos de pressão

Após as acções atrás descritas a biomassa é submetida a uma pressão mecânica constante, por meio da utilização de rolos que se encontram dispostos dentro de uma matriz.

A pressão exercida sobre a matéria-prima depende da sua geometria e das seguintes características da máquina peletizadora:

- Geometria do canal;
- Geometria do cone;
- Quantidade de rolos;
- Velocidade do rolo;
- Distância entre rolo-fileira;
- Relação de compressão, velocidade e diâmetro (Figura 33).

A distância entre a matriz e o rolo influencia não só a qualidade do pelete produto como também, a quantidade de energia solicitada pelo uso da máquina.

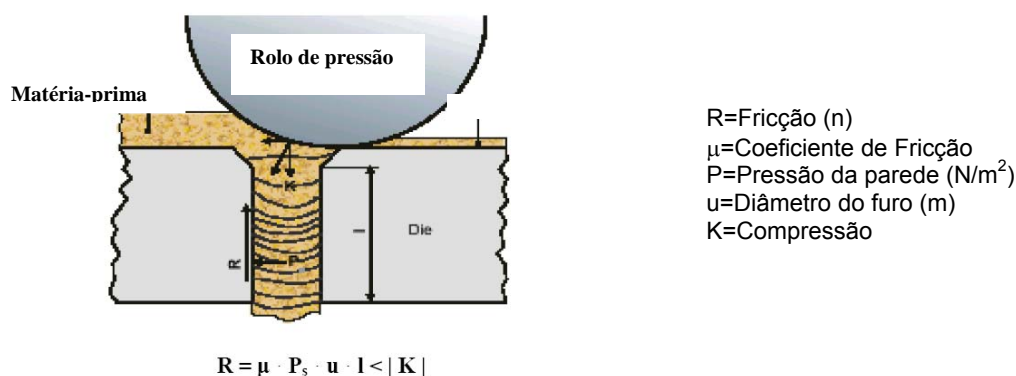


Figura 33 – Esquema de compressão (CTI, 2003)

A matriz possui uma série de perfurações à superfície, pelas quais sai o material que está a ser empurrado pelos rolos.

Os rolos e a matriz perfurada são feitos de aço, com a finalidade de dar a estas peças alta resistência ao trabalho, o que neste caso, consiste essencialmente na aplicação de pressão e fricção que aquece e força os peletes a sair, pelas perfurações da matriz.

O tamanho dos furos da matriz depende das dimensões dos peletes que se pretendem produzir, sendo estas definidas no momento que se projectam e desenham.

Os rolos de pressão e as facas, com as quais se dá o tamanho final aos peletes, são partes amovíveis que devem ser substituídas periodicamente, devido ao desgaste de utilização.



Figura 34 - Rolos de pressão.

Os dois tipos de equipamentos mais vulgares na produção de peletes, são a peletização com matriz de disco e peletização com matriz de anel, onde normalmente, os peletes têm diâmetros variados entre 6 e 12 mm, 30 mm de comprimento e densidade entre 1000 e 1300 Kg m^{-1} .

O processo de peletização consome um total de energia de, aproximadamente, 60 kW/ton de material terminado (Malisius, 2000).



Figura 35 - Maquinaria principal de peletização, alimentada directamente desde o moinho de trituração, (www.pellet2002.com).

6.4.6.3.1 - Máquina peletizadora com matriz do tipo cilíndrica vertical (anel)

Neste tipo de sistema o mecanismo de compressão baseia-se numa matriz sólida onde giram entre 1 a 3 rolos de pressão

Nos sistemas que possuem só um rolo, o material, transportado por um parafuso alimentador, flui dentro da matriz somente por acção da força de gravidade. Num equipamento de dois ou três rolos estacionários, o sistema de alimentação mais efectivo realiza-se mediante um movimento do tipo centrífugo, que dirige o material até aos rolos através de palhetas ajustáveis. O objectivo é estender o material como uma capa sobre os furos da matriz e dos rolos.

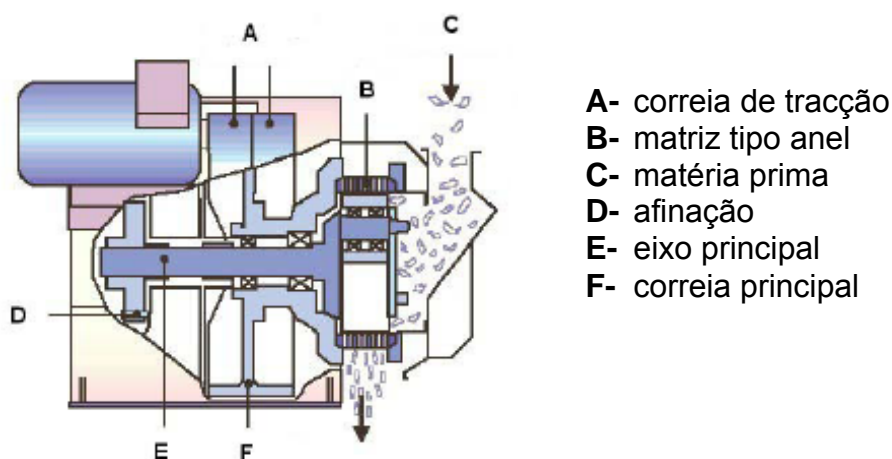


Figura 36 - Matriz do tipo cilíndrica vertical, vista lateral.(www.salmatec-gmbh.de, 2006).

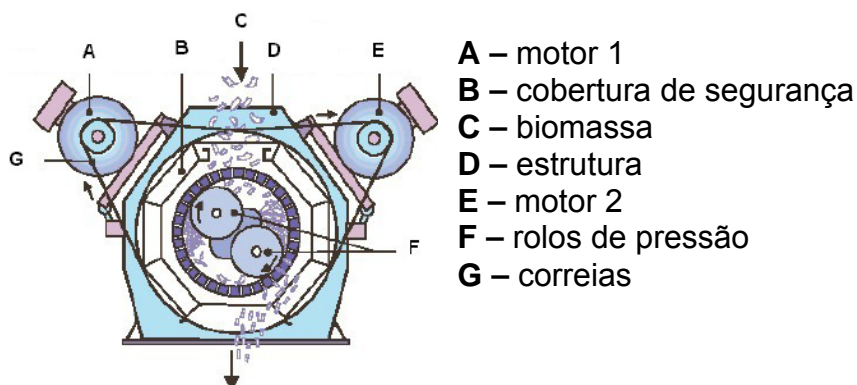


Figura 37 - Matriz do tipo cilíndrica vertical, vista frontal (www.salmatec-gmbh.de, 2006).



Figura 38– Máquina peletizadora de matriz cilíndrica vertical.

O esmagamento da biomassa faz-se sobre a superfície interna, no percurso de acção de dois ou três rolos móveis, montados sobre um suporte concêntrico e independente da matriz, com um sistema a forçar os rolos a percorrer o diâmetro interno da matriz em contra-rotação. A superfície cilíndrica externa dos rolos de pressão tem a função de aumentar o atrito que se cria entre o rolo e a biomassa, durante a fase de esmagamento, para impedir que o material deslize para fora da zona de pressão.

O material condensado é cortado por facas, situadas sobre a superfície externa da matriz, enquanto a expulsão acontece por queda livre na bandeja de descarga, extraído na zona de fecho frontal da máquina. A remoção da zona de acumulação dos peletes pode efectuar-se, quer seja manualmente quer automaticamente.

6.4.6.3.2 - Máquina peletizadora com matriz plana (disco)

O mecanismo de compressão baseia-se numa matriz plana e redonda equipada com rolos de pressão sobre a sua superfície. O número de rolos varia entre 1 e 6, dependendo do tamanho da máquina. Nalguns modelos a matriz roda e os

rolos mantêm-se estacionários, embora também existam modelos em que a matriz se mantém estacionária, sendo os rolos a rodar

Na matriz plana, o material é alimentado simplesmente mediante a acção da força de gravidade. Uma das vantagens deste tipo de equipamento é a simplicidade no momento da sua limpeza e substituição de peças.

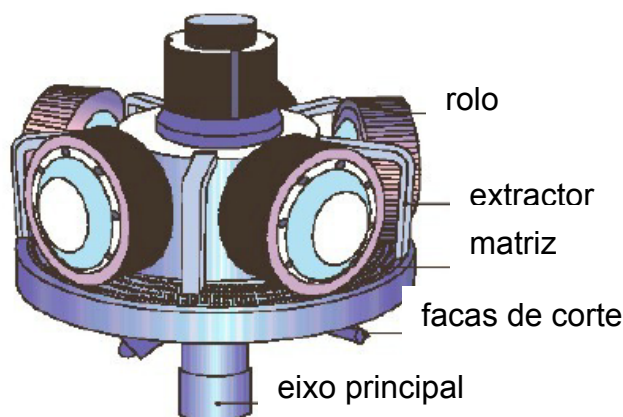


Figura 39 - Matriz plana, (www.salmatec-ambh.de, 2006).

Este tipo de peletizadora (Figura 40) diferencia-se da máquina atrás descrita pela forma e a disposição dos elementos que a constituem, estes encontram-se numa sequência longitudinal.

A divisão interna da máquina pode esquematizar-se em três partes principais. A parte superior onde ocorre a alimentação e o esmagamento, a zona de corte e de expulsão dos peletes e a zona constituída pelo motor e grupo de redução e transmissão, colocado na parte inferior do aparelho.

Na peletizadora da figura 40, o material semi-elaborado, proveniente da fase precedente à peletização, é introduzido na bandeja de carregamento colocada sobre parte de cima da máquina e alcança, por queda, a zona de esmagamento. A pressão resulta da operação dos rolos de esmagamento que percorrem a matriz plana, solidários com a estrutura da máquina. No interior da zona de esmagamento, posicionada entre os rolos, estão ainda alojados os elementos de raspagem que impedem a acumulação do material sobre a parede mais externa da secção.

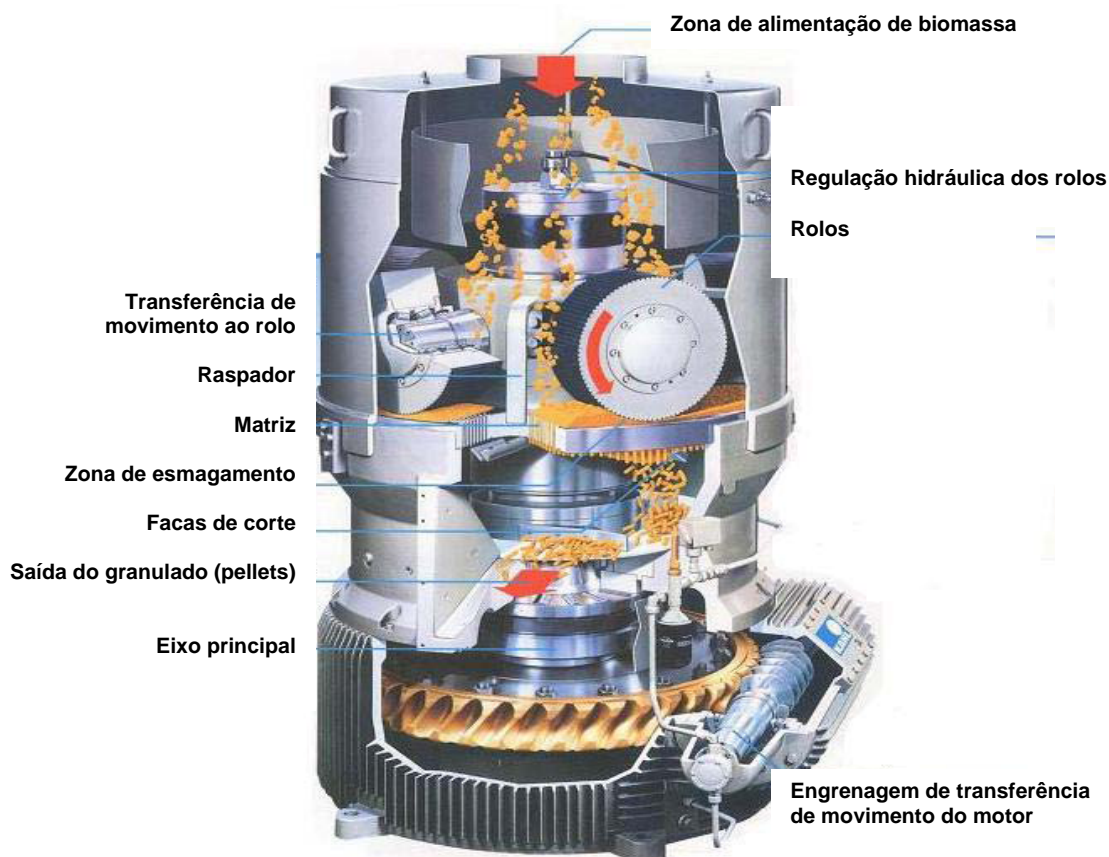


Figura 40 - Esquema de funcionamento Máquina peletizadora com matriz plana KAHL

A distância dos rolos à matriz e a pressão deles exercida sobre os materiais da estrutura são determinadas numa unidade de regulação de pressão hidráulica, posicionada na extremidade da árvore principal.

As facas para a cortar o material eliminado estão situadas por baixo da matriz e fixa à árvore rolante central. Depois do corte o produto cai sobre um plano que se situa abaixo da matriz. A superfície útil da matriz é aquela sobre a qual circulam os rolos de pressão, onde é comprimida a biomassa entre duas circunferências de raio diferente. O rolo de pressão tem de rodar com velocidade periférica constante para não provocar um deslizamento entre rolos, biomassa e matriz.

6.5 - Arrefecimento

Após a fase de densificação, anteriormente descrita, a biomassa vem novamente impregnada em humidade que é removida com calor (à saída da máquina, o produto tem uma temperatura de cerca 90-95 °C).

O arrefecimento é uma etapa muito importante no processo de fabricação de peletes, pois contribui para que a lenhina da madeira alcance a seu maior potencial aglutinante, fundamental para os peletes manterem a sua nova forma.

O arrefecedor consiste numa câmara vertical, de onde os peletes caem em fluxo de contracorrentes, permitindo diminuir a sua temperatura. Esta corrente é gerada por ventiladores mecânicos que funcionam accionados a electricidade. O consumo de energia nesta etapa situa-se próximo de 5 kW/ton (Malisius, 2000).



Figura 41 - Arrefecedor

6.6 - Separação de finos

Uma vez terminados os peletes, leva-se a cabo a separação das partículas. Os finos residuais ou partículas sobrantes que se escaparam do processo de peletização, reingressam ao processo de maneira automática. Para este efeito utiliza-se um tamiz de 1/8" (3,175 mm).

6.7 - Armazenagem/Empacotador

Chegados ao fim da linha de produção os peletes podem ser armazenados em silos ou inserir-se numa máquina de pesagem e embalagem automática.

Os peletes são facilmente armazenáveis, devem ser depositados em local seco, de modo a não favorecer o desenvolvimento de bactérias ou fungos, embora possuam uma baixa percentagem de humidade (cerca 10%). São de fácil manipulação, podem ser conservados por muito tempo e ocupam um espaço inferior ao da lenha em cerca de 1/3.

Para armazenar uma tonelada de produto é necessário um depósito de 1,8 m³.

Os peletes podem ser empacotados em sacos de papel de vários tamanhos ou distribuídos a granel.

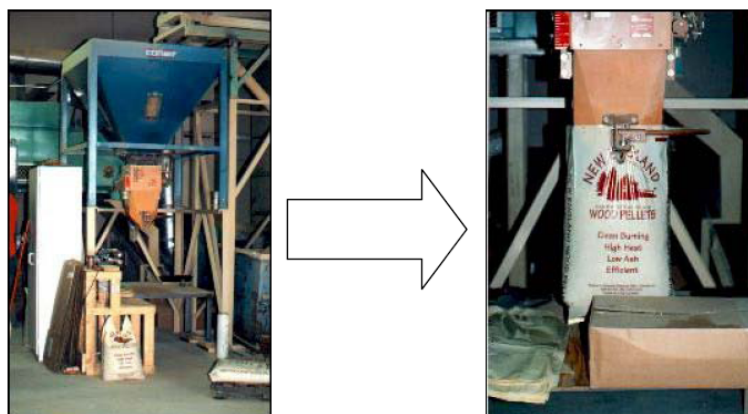


Figura 42- Empacotador de peletes, em sacos de papel.

6.8 – Distribuição/Transporte

O transporte é um factor muito importante que deve ser tido em conta para manter a economia na indústria de peletes, um dos aspectos chave é a dificuldade de transportar resíduos lenhosos e estilhas (matérias-primas em geral) por grandes distâncias, principalmente pelos custos que implica. Por esta razão as fábricas de peletização devem estar localizadas o mais perto possível das fontes de matéria-prima (Malisius, 2000).

O transporte dos peletes não é perigoso ao contrário do que acontece com outros combustíveis. Este combustível ocupa pouco espaço, não suja, não apresenta

perigo de explosão ou contaminação, podendo ser definido como combustível eco-compatível.

No entanto, o transporte dos peletes não os deve expor a pressões ou tensões mecânicas excessivas, o que resultaria na alteração da sua estrutura, sendo ainda de precaver que durante o transporte se mantenham livres de humidade, para evitar o aparecimento de microorganismos que possam prejudicar a qualidade dos peletes, ou que percam a forma comercial (Alakangas, 2002).

Os peletes podem ser transportados a granel em autocisternas ou em camiões convencionais cobertos. Os peletes assim, transportados são distribuídos aos consumidores e colocados em depósitos por meio de um sistema de ar pressurizado, de uma maneira muito similar à distribuição de combustíveis derivados do petróleo (Alakangas, 2002).

Os produtores podem distribuir os peletes directamente aos consumidores finais ou através de intermediários. O tamanho dos sacos situa-se entre pequenos com 10 a 20 kg a grandes com 500 a 1 000 kg. O transporte dos peletes em sacos grandes é mais económico, mas desadequado para os pequenos consumidores, sendo principalmente utilizados para instituições que utilizem sistemas de aquecimento de grande de escala (Alakangas, 2002).

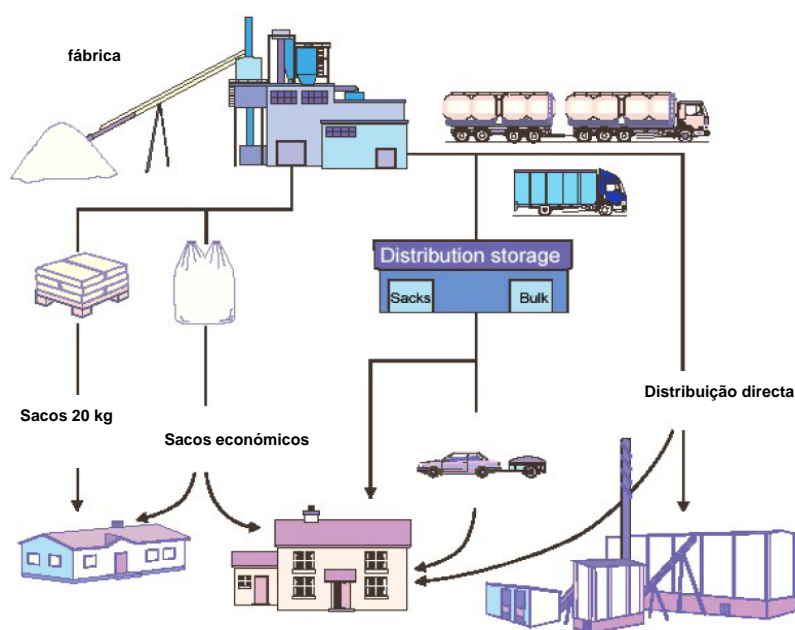


Figura 43 - Diagrama do sistema de distribuição dos peletes aos consumidores.

6.9 - Balanço energético

A análise de consumo energético para a produção de peletes de madeira depende das características de implantação e de abastecimento, tal como da tecnologia empregue, da capacidade produtiva, da humidade inicial da matéria-prima em bruto e do transporte.

O consumo energético para um processo de produção de peletes, sem a fase de secagem, pode oscilar entre 120 e 200 kWh/ton (www.eubia.org/pdf/Lamnets_Pellets.pdf).

A publicação *“Woodpellets in Europe”* (UMBERA, 2000) afirma que o conteúdo energético dos peletes gasto durante o processo de densificação pode apresentar os seguintes valores:

- Consumo entre os 8 e 13% do conteúdo energético dos peletes para a compactação do material bruto;
- Consumo entre 10 e 25% do conteúdo energético dos peletes para a peletização, com material bruto húmido e incluindo portanto, a fase de secagem. A energia requerida para a densificação dependerá do conteúdo de humidade, tamanho e tipo do material densificado, equipamento usado, etc.

-O Consumo de energia para o transporte da biomassa, segundo in *“Industrial Network on Wood Pellets”*, situa-se nos 1,6% do poder calorífico transportado.

Assim, considerando que a matéria-prima contém 100 unidades de energia no final do processo os peletes apresentam 75 a 90 unidades, pois as restantes foram consumidas pelo processo, sendo a maior parte da energia utilizada para a secagem do material.

Genericamente, o consumo de energia do processo, sem considerar a etapa de armazenamento e empacotamento, segundo Reed, (1978) pode-se resumir em:

- Secagem: 1MW/ton de matéria-prima húmida.
- Moinho de trituração: 1kW/ton de matéria-prima triturada.
- Moinho de peletização: 60kW/ton de peletes produzido.
- Arrefecedor: 5kW/ton de peletes arrefecido.

Seguidamente apresenta-se um exemplo de um balanço de energia para a produção de 300 t/dia de peletes, Reed (1978).

	Energia (kcal)
Biomassa 540 t	1 076 544 000
Necessidade de energia do processo	
Trituração: 6 moinhos (50 hp cada)	14 868 000
Secagem: evaporação de 203 t água Secadores, 50 hp	182 952 000
Peletização: (337 t) 2 moinhos peletizadores 600 hp	29 736 000
Total de energia para o processo	227 556 000
Entrada total de energia (biomassa + processo)	1 304 100 000
Eficiência energética do processo	92,7%

Quadro 11 - Exemplo de um balanço de energia para produção de 300 toneladas por dia de peletes, Reed (1978).

6.10 - Instalação de uma fábrica de peletes

A instalação de uma fábrica de peletes constitui actualmente, uma oportunidade de negócio tendo em consideração a instabilidade gerada nos combustíveis fósseis e as vantagens decorrentes da utilização dos peletes como combustível. Os peletes são um combustível renovável, de características homogéneas, que se comportam como uma fonte de energia ambientalmente amigável, particularmente com a diminuição de emissões de CO₂, durante a sua combustão.

Para projectar uma fábrica de produção de peletes é necessário ter em consideração vários factores, tais como: o custo da biomassa e do seu transporte, o grau de humidade da biomassa, o nível de penetração deste tipo de produto no mercado e todos os custos inerentes à instalação e funcionamento da fábrica.

6.10.1 - Activos Fixos

Os activos fixos de uma empresa correspondem a todos os investimentos levados a cabo para a correcta execução do projecto. Estes investimentos por estarem sujeitos a um uso produtivo permanente, podem sofrer depreciação económica.

Dentro desta categoria encontram-se:

- Infra-estruturas, terrenos e obras de construção civil.

Incluem o parque e porão, a balança de pesagem, electricidade e instalações diversas, sanitários, sala, cozinha,...

- Equipamentos da área de produção.

Incluem os aspectos relacionados com a produção directa dos peletes, maquinaria relacionada com o acondicionamento da matéria-prima e armazenamento dos peletes, a laboração, o processo de secagem.

- Investimentos na área de administração e em activos nominais.

Incluem, entre outros, mobiliário, licenças, patentes e engenharia e supervisão.

6.10.2 - Custos operacionais

6.10.2.1 - Custos directos

São custos directos todos aqueles que têm uma directa participação no decorrer da produção, incluindo-se:

- Mão-de-obra directa
- Energia eléctrica
- Materiais directos
- Matéria-prima
- Máquina carregadora frontal
- Manutenção

6.10.2.2 - Custos Indirectos

São custos indirectos todos os custos que não participam directamente no funcionamento do processo produtivo, mas que são igualmente necessários para o funcionamento normal da fábrica.

6.10.3 - Custos de administração e vendas

São custos relacionados com a gestão administrativa e comercial do produto.

6.10.4 - Custos por exportação e transporte

Os custos por exportação e transporte englobam o transporte desde a fábrica até ao porto de embarque e o transporte terrestre por meio de camiões convencionais.

6.10.5- Análise económica da instalação de uma fábrica de peletes

A análise económica para a instalação de uma fábrica de produção de peletes, de biomassa florestal, pode efectuar-se através do método de valor líquido actual (VLA), que se traduz no cálculo dos somatórios de cash-flows (diferença entre as receitas líquidas e as despesas de exploração, ou seja, resultado bruto menos impostos) anuais actualizados a uma certa taxa de juro (taxa de actualização), e deduzidos do montante, actualizado à mesma taxa, do investimento inicial. Este método permite saber se é garantida a recuperação do investimento e a remuneração dos investidores (àquela taxa).

A instalação de uma fábrica comporta um investimento inicial (I), com vista à produção de uma determinada quantidade de peletes, durante um certo período temporal (vida útil). O exercício de funcionamento estabelece-se para cada ano da vida útil, num fluxo de caixa (FC) dado por:

$$FC = \text{receitas} - \text{despesas} \quad (1)$$

Onde as *receitas* são resultantes da venda dos peletes e as *despesas* são determinadas pelo somatório dos custos de investimento e de operação, derivados do seu funcionamento.

O *valor líquido actual VLA* exprime o proveito (ou a perda) global da operação do investimento, determina-se com a relação:

$$VLA = \frac{FC_n}{(1+r)^n} \quad (2)$$

Onde:

FC_n - diferença entre o fluxo positivo e o negativo de cada ano, compreende também, o custo do investimento inicial

r - taxa de actualização real aplicada ao capital

n – nº inteiro correspondente ao ano (ordenado por ordem crescente desde o «ano 0»)

Um VLA positivo, ao fim de n anos de vida útil, garante o incremento do investimento inicial e portanto o retorno económico superior aos recursos empregues. O VLA negativo significa que as despesas superaram as receitas ou que o produto global é inferior àquele que se obtém investindo os mesmos capitais noutro projecto.

A Taxa interna de rendibilidade (TIR) é a taxa máxima de rendibilidade do projecto ou seja, é a taxa de actualização que torna o VLA de um fluxo de rubricas igual a zero (Abecassis, 2007).

Outro indicador económico que se pode analisar é o índice de rendibilidade, IR, que exprime o proveito (ou a perda) da operação de investimento por unidade de investimento, é dado por:

$$IR = \frac{VLA}{I} \quad (3)$$

O desenvolvimento desta expressão permite obter uma relação útil para a discussão de factores característicos da fileira de produção de peletes e analisar eventuais critérios de escolha.

As receitas de uma fábrica de peletes são resultantes exclusivamente da venda dos peletes (V_p , em €/ano), podem ser estimadas pela seguinte expressão:

$$V_p = Q_p \times P_p \text{ (€/ano)} \quad (4)$$

Onde:

Q_p = quantidade de pelete produzida no período de um ano (t/ano)

P_p = preço de venda do pelete (€/t)

As despesas necessárias para a instalação e manutenção da operação de produção de peletes:

- Custo de aquisição da biomassa (C_b);
- Custo para o transporte da biomassa (C_t);
- Pré-tratamento da matéria-prima (C_{pt});
- Consumo e electricidade (C_e);
- Custo total da utilização de outro combustível (C_c);
- Mão-de-obra (C_m);
- Manutenção e reparação (C_r);
- Custo da instalação (C_i).

Assim, deriva que o fluxo de caixa anual é dado por:

$$FC = V_p - (C_i + C_b + C_t + C_{pt} + C_e + C_c + C_m + C_r) \text{ (€/ano)} \quad (4)$$

- Custo de aquisição da biomassa **C_b**

$$C_b = P_b \times Q_b \text{ (€/ano)} \quad (6)$$

Onde:

P_b = preço de aquisição da biomassa; depende obviamente do tipo de biomassa e do fornecedor (€/t)

Q_b = quantidade de biomassa necessária para a produção (t/ano), considerando uma produção de peletes igual à capacidade máxima da fábrica.

A quantidade de biomassa empregue varia com o grau de humidade inicial e final (quanto maior for a diferença entre as duas, maior será a quantidade de água a eliminar e portanto, maior a quantidade de biomassa a empregar).

- Custo para o transporte da matéria-prima **C_t**

$$C_t = P_t \times n_g \text{ (€/ano)} \quad (7)$$

Onde:

Pt = preço do transporte de uma tonelada de biomassa por km por dia (€ por toneladas por km/dia);

ng = número de dias de actividade da fábrica.

▪ Custo do pré-tratamento da matéria-prima **Cpt**

Na fase de acondicionamento, o grau de humidade é modificado mediante o uso de vapor, o custo relativo a esta operação pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$C_{pt} = C_v + C_a \text{ (€/ano)} \quad (8)$$

Onde:

$$C_v = P_v \times Q_p \text{ (€/ano)} \quad (9)$$

Pv = preço do vapor por tonelada de pelete produzida (€/t de peletes);

Qp = quantidade de peletes produzida (t/ano)

A quantidade de vapor empregue na fase de acondicionamento é um termo fortemente variável, depende do tipo de biomassa, do rendimento das diversas partes da fabricação que precedem a fase de acondicionamento e da sensibilidade do operador que gere todo o processo.

▪ Custo do consumo de electricidade **Ce**

$$C_e = Q_e \times P_e \text{ (€/ano)} \quad (10)$$

Onde:

Pe = preço de venda da electricidade (€/kWh);

Qe = quantidade de electricidade consumida; pode ser expressa em:

$$Q_e = \sum_i (S_e^i \cdot S_h^i) \quad \text{kWh/ano} \quad (11)$$

Onde:

S_e^i = consumo total de energia por cada máquina (kW), obtém-se somando a potência máxima de cada máquina da instalação, mas como na realidade as operações não se efectuam à potência máxima, geralmente, reduz-se o consumo eléctrico em 20%.

S_h^i = total de horas de laboração de cada máquina da fábrica durante um ano (h/ano).

▪ Custo de utilização de combustível **Cc**

O consumo de combustível depende do tipo de máquinas utilizadas.

$$C_c = P_c \times n_{hc} \times C_{hc} \text{ (€/ano)} \quad (12)$$

Onde:

P_c = preço do combustível (€/L)

n_{hc} = horas de funcionamento por dia da máquina que emprega o combustível (h/dia)

C_{hc} = consumo horário de combustível (L/h), calculado da seguinte relação:

$$C_{hc} = C_{sc} \times P_m \text{ (L/h)} \quad (13)$$

Onde:

C_{sc} = consumo específico de combustível (L/kWh)

P_m = potência efectivamente desenvolvida pelo motor (kW)

▪ Custo mão-de-obra **Cm**

$$C_m = N_l \times C_{ls} \text{ (€/ano)} \quad (14)$$

Onde:

N_l = número de unidades de laboração (pode estar ligado à tecnologia e ao tipo de organização da fábrica)

C_{ls} = Gasto anual médio por unidade trabalho (€)

▪ Custo de manutenção e reparação da fábrica **Cr**

$$C_r = C_{ti} \times k_r \text{ (€/ano)} \quad (15)$$

Onde:

k_r = coeficiente de manutenção (ordinária e extraordinária). Varia entre 1 e 1,5% ao ano em função de componentes da fabrica

C_{ti} = custo total da fabrica (€)

Substituindo na expressão (4) a relação relativa a cada parcela do fluxo de caixa obtém-se:

$$IR = \frac{[(Q_p \times P_p) - (P_p \times Q_b) + (P_t \times n_g) + (Q_v \times P_v) + (P_e \times Q_e) + (P_c \times n_{hc} \times C_{hc}) + (N_l \times C_{ls}) + (C_{ti} \times k_r)]}{I} \quad (16)$$

O investimento I (€) pode ser expresso assim:

$$I = (Cfi + Cpr + Cte + Cm) \text{ (€)} \quad (17)$$

Onde:

Cfi = custo das máquinas

É dado pela soma de custos da compra das diversas máquinas que compõem a fábrica (€), acrescido de 20 % do IVA. No balanço económico este custo costuma ser distribuído pelos primeiros três anos de horizonte temporal previsto, segundo percentagens diferentes.

Cpr = custo de promoção

É o custo de projecção da instalação, esta pode incidir numa percentagem que varia entre 2 e 5% do custo total da instalação (€)

Cte = custo do terreno mais custos de construção ou aquisição da fábrica (€)

Cm = custo para a montagem da fábrica, ou seja, despesas com a mão-de-obra necessária para a construção da fábrica, expressa por:

$$Cm = nm \times Gm \times Cmp \text{ (€)} \quad (18)$$

Onde:

nm = número de pessoas necessárias para a montagem da fábrica

Gm = dias necessários para a montagem da fábrica

Cmp = custo das pessoas ao dia por serviço de montagem da fábrica (€/dia por pessoa)

Como se pode constatar são muitos os parâmetros que influenciam o índice de rendibilidade motivo pelo qual um investidor os deverá ter em consideração na análise de viabilidade económica de instalação, de uma fábrica de peletização.

CAPÍTULO 7

7 - A crise ambiental contemporânea

O grande fenómeno da última parte do século vinte foi a reivindicação e a reclamação de direitos, em relação aos serviços ambientais do espaço florestal. Este fenómeno, que se estendeu a todo o mundo, teve a sua origem em vários factores, destacando-se a expansão e o activismo crescente das Organizações Não Governamentais, ONGs, do sector, a democratização de muitos países da América Latina e da Europa do Leste), a urbanização e a mais ampla disponibilidade de informação.

Entre os serviços ambientais do espaço florestal destacam-se o sequestro de carbono, a protecção da biodiversidade, a conservação de recursos hídricos, a paisagem, o recreio e os valores de opção e existência. Verificou-se assim, o aparecimento de uma série de instrumentos tais como as áreas protegidas, as análises de impacto ambiental e outros que se preocuparam com a protecção dos serviços ambientais, mas cujo valor não é capturado em mercados.

A preocupação com o meio ambiente surge quando os recursos são utilizados a um ritmo maior do que a capacidade natural de reposição, ou quando os dejectos são gerados a um ritmo maior do que a capacidade da natureza de absorvê-los. Neste conceito, os problemas ambientais podem ser reduzidos a dois grandes grupos, a depredação e a contaminação.

Com a revolução industrial, os termos da relação utilização e capacidade de regeneração da natureza foram invertidos, a nossa espécie começou a violentar o movimento global da natureza, alterando o quadro, com a ruptura da escala e do ritmo sob o duplo efeito do crescimento demográfico e do desenvolvimento tecnológico sem precedentes históricos.

O carácter contemporâneo da crise ambiental diferencia-se das crises ambientais ocorridas em outros períodos da história da humanidade pelo ritmo, amplitude e profundidade, resultantes da expansão da produção capitalista para o mercado. Segundo vários autores, entre os tantos problemas ambientais

contemporâneos, os dois principais e de escala global são a mudança climática e a perda da diversidade biológica.

Segundo o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), uma alteração climática consiste numa variação estatisticamente significativa da média e/ou da variabilidade das variáveis que definem o clima e que persiste durante um período longo, tipicamente da ordem de décadas ou maior, quer seja natural, ou resultado da actividade humana (Santos et al., 2006).

O relatório publicado pelo IPCC subordinado ao tema das alterações climáticas, vem afirmar com maior veemência a responsabilidade antropogénica no aumento da concentração atmosférica dos gases de efeito de estufa. Estes aumentos estão associados à produção de energia a partir de combustíveis fósseis e à desflorestação, para o caso do dióxido de carbono, sendo este o gás de estufa antropogénico com maiores emissões (IPCC, 2007).

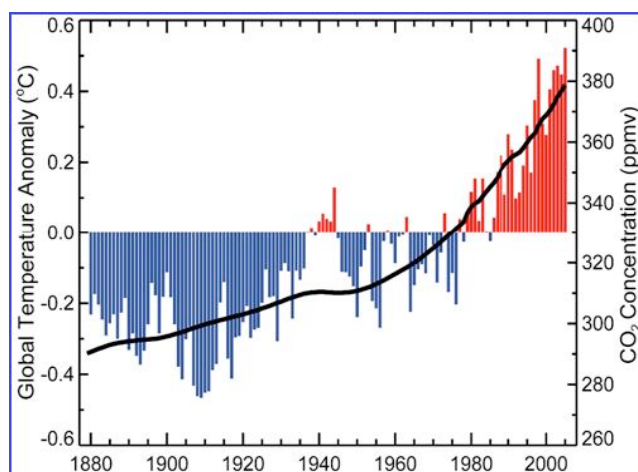


Figura 44- Evolução da concentração de dióxido de carbono (IPCC, 2006).

Num contexto de alterações climáticas, e de urgência na mitigação do aumento na concentração atmosférica de gases com efeito de estufa (GEE), a importância das florestas, face ao seu papel para o sequestro do carbono, aumenta. O dióxido de carbono além de ser um gás com efeito de estufa é, também, um importante substrato do processo fotossintético das plantas, as florestas através deste processo, fixam o carbono na sua biomassa por longos períodos, dado ocuparem extensas áreas da biosfera e terem uma grande longevidade.

7.1 - Impactes das alterações climáticas

Os impactes provocados pelas alterações climáticas são difíceis de prever, devido à sua enorme complexidade e às actuais limitações de modelação e análise. No entanto, no campo da incerteza, muitos aspectos têm sido avaliados.

De uma forma genérica, os relatórios de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas identificam como possíveis os seguintes impactes das alterações climáticas:

- O aumento da temperatura média do planeta entre 1,4 e 5,8°C, no período entre 1990 e 2100 – aumento da frequência de ocorrência de fenómenos climáticos extremos;
- O aumento do nível médio global do mar entre 9 e 88 centímetros, no período entre 1990 e 2100 – este aumento é devido principalmente à expansão térmica das camadas superficiais dos oceanos e pelo degelo dos glaciares, vulnerabilizando as zonas costeiras em especial aquelas sujeitas a maiores pressões urbanísticas;
- A alteração dos padrões de precipitação – com a aceleração da evapotranspiração, esperam-se situações de precipitação intensa, em curtos espaços de tempo, deixando os solos mais secos em períodos críticos na estação de crescimento vegetativo.

Todos estes impactes têm obviamente implicações ao nível socio-económico, afectando de forma directa as actividades económicas, mas também de forma indirecta por eventuais encargos e prejuízos associados a situações de calamidade designadamente cheias, secas, propagação de doenças e epidemias, escassez de água potável e alimentos.

Na figura 45 encontra-se um esquema ilustrativo da estrutura de acção definida pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima como estratégia global para proteger o sistema climático para gerações presentes e futuras.



Figura 45 – Estratégia de protecção do sistema climático,.

7.2 - O efeito de estufa e as fontes antropogénicas de emissões

A temperatura média ao nível da superfície terrestre é de 15°C e este valor mantém-se inalterável desde os tempos mais remotos. Este facto é, em grande parte, determinado pela radiação que a Terra recebe continuamente do Sol.

Se a Terra absorvesse toda a radiação solar que nela incide, ficava cada vez mais quente e a sua temperatura média atingia valores elevadíssimos. Mas tal não sucede, porque a quantidade de energia solar recebida pela Terra é, aproximadamente, igual à energia reenviada para o Espaço.

A Terra recebe do Sol, fundamentalmente, radiação visível que é, em média 342 W/m². Um terço desta radiação, 102 W/m², reflecte-se na atmosfera (82 W/m²) ou pelo solo (20 W/m²), indo, em seguida, para o Espaço. A atmosfera absorve parte da radiação que transforma em calor (65 W/m²) (IPCC, 1996).

A superfície da Terra recebe, apenas, 175 W/m² de radiação, que é transformada também em calor. A Terra dispersa esta radiação de três maneiras diferentes:

- 20 W/m² são dissipados pela superfície terrestre. Em consequência deste facto, a atmosfera aquece.

- 80 W/m² servem para evaporar a água.
- 415 W/m² são reflectidos sob a forma de radiação infravermelha. Destes 395 W/m² aquecem a atmosfera (os restantes 20 W/m² vão para o espaço). 340 W/m² contribuem para o efeito de estufa. Os 55 W/m² restantes vão também para o espaço (IPCC, 1996).

Fazendo um balanço, tem-se:

Energia recebida – 342 W/m², dos quais a “Terra + atmosfera” recebem 240 W/m², sendo 102 W/m² “perdidos” para a atmosfera.

Energia libertada para o Espaço – 240 W/m² (65+20+80+20+55)

Há, portanto, um equilíbrio entre a energia recebida e a energia libertada pela “Terra+atmosfera”.

A partir deste balanço de energia absorvida e emitida pode-se determinar a temperatura média de superfície terrestre, obtendo-se o valor 255K (-18°C). Esta temperatura afasta-se do valor médio real, que é cerca 15°C. Este afastamento deve-se à presença de gases de estufa que retêm radiações infravermelhas.

Os gases de estufa formam uma camada, na troposfera, que permite a entrada das radiações de pequeno comprimento de onda mas impedem a saída das radiações infravermelhas de maior comprimento de onda para o Espaço, ou seja, parte da energia proveniente da superfície terrestre é novamente enviada para esta, contribuindo para o aumento global da temperatura do planeta. Este fenómeno é conhecido por efeito de estufa.



Figura 46 – Efeito de estufa.

O efeito estufa aquece a superfície da Terra em média 33°C. Esse aquecimento natural permite a existência de água líquida na superfície terrestre, o que se tornou a base para a evolução biológica. Porém, com o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, existe uma tendência de aumento da temperatura global média em função do aumento da quantidade dessa concentração. Esta alteração afecta de maneira directa e indirecta os ciclos biogeoquímicos, que são a base do funcionamento dos sistemas naturais do planeta. No entanto, o ciclo que está directamente relacionado a esse processo é o ciclo do carbono (Martins, 2004).

O gás de efeito estufa mais importante e com maior influência na temperatura da terra é o vapor de água, mas a sua concentração não é directamente ou significativamente afectada pela actividade humana.

Segundo publicação da convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, UNFCCC (2003), os principais gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonetos (HFC), perfluorcarbonetos (PFC), e hexafluoreto de enxofre (SF₆).

O quadro a seguir, apresenta a evolução das concentrações médias na atmosfera dos principais GEE e que são objecto do Protocolo de Quioto, evolução da taxa de concentração (ppb/ano) e tempo de vida (anos).

Variável atmosférica	CO ₂ (ppm)	CH ₄ (ppm)	N ₂ O (ppm)	SF ₆ (ppt)	CF ₄ (ppt)
Concentração atmosférica pré-industrial	278	0,700	0,270	0	40
Concentração atmosférica (1998)	365	1 745	0,314	4,2	80
Tempo de vida na atmosfera	50-200 ^{a)}	12 ^{b)}	114	3,2	> 50

a) O tempo de vida não pode ser definido por causa das diferentes taxas de sequestro dos vários processos de remoção

b) Este tempo de vida foi definido como um “tempo ajustado” que tem em consideração o efeito indirecto do gás no seu próprio tempo de permanência.

Quadro 12 - Concentração Atmosférica Global (ppm caso não especificado de forma diferente) e Tempo de Vida na Atmosfera (anos) de GEE, (IPCC , 2001).

O Potencial de Aquecimento Global (PAG) permite comparar a capacidade de cada gás enquanto gás com efeito de estufa. O Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos gases que constam no Protocolo de Quioto foi calculado tendo por base um tempo de vida médio de permanência, na atmosfera de 100 anos.

As estimativas de gases com efeito de estufa podem, com base no Potencial de Aquecimento Global, ser apresentadas em toneladas de CO₂ equivalente (IPCC, 1996).

GEE	Aumento da concentração desde 1750	PAG	Contribuição para o aquecimento global	Principais causas
CO ₂	31%	1	60%	Uso de combustíveis fósseis, desflorestação e alteração dos usos do solo
CH ₄	151%	21	20%	Produção e consumo de energia (actividades agrícolas, aterros sanitários e águas residuais)
N ₂ O	17%	310	6%	Uso de fertilizantes, produção de ácidos e queima de biomassa e combustíveis fósseis
HFC	-	140 – 11 700	14%	Indústria, refrigeração, aerossóis, espumas expandidas e solventes
PFC		6 500 – 9 200		
SF ₆		23 9000		

Quadro 13 - Aumento das concentrações, contribuição para o aquecimento global e principais causas, (adaptado de IPCC, 2001).

Como se verifica pelo quadro 13, o dióxido de carbono é o principal responsável pelo aquecimento global. O volume das suas emissões para a atmosfera representa cerca de 60% do total das emissões de gases de efeito estufa em termos de CO₂ equivalente.

É urgente reduzir as emissões de CO₂ e de outros poluentes para a atmosfera. Para isso é necessário, por exemplo, investir em energias renováveis, evitar incêndios florestais, reduzir o tráfego de veículos motorizados, reduzir o uso de fertilizantes, etc.

7.3 - Acontecimentos relevantes relacionados com as questões das alterações climáticas

1979

A primeira Conferência Mundial sobre o Clima, em 1979, reconheceu a mudança do clima como um grave problema. Essa reunião científica explorou a questão de como a mudança do clima poderia afectar as actividades humanas. Foram criados então, o Programa Mundial do Clima sob a responsabilidade conjunta da Organização Meteorológica Mundial (OMM), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o Conselho Internacional das Uniões Científicas (ICSU).

A partir daí, realizaram-se conferências intergovernamentais, consagradas à mudança do clima.

1988

Estabelecido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), o Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC) foi criado para melhorar o entendimento científico e realizou uma avaliação do conhecimento existente até então sobre o clima, passando a ser reconhecido como a maior autoridade mundial em questões climáticas.

1990

A II Conferência Mundial do Clima desenvolvida pela OMM e pelo PNUMA, entre outras organizações internacionais, deu conta da necessidade de se estabelecer um tratado internacional sobre o tema.

O IPCC publicou o seu Primeiro Relatório de Avaliação. Esse relatório concluiu que as mudanças climáticas representam uma ameaça à humanidade.

1992

Em 9 de Maio de 1992, em Nova Iorque (EUA), foi adoptada a Convenção Quadro sobre Mudança Climática das Nações Unidas (UNFCCC) e então aberta a assinaturas durante a Cimeira da Terra no Rio de Janeiro, Brasil, onde foi assinada por 154 países (mais a União Europeia). É importante ressaltar que esta Convenção reconheceu a necessidade de modificar substancialmente o comportamento da sociedade, já que a base económica e produtiva actual depende de actividades (industriais e de transportes) que emitem gases de efeito de estufa. O princípio básico acordado da convenção é o da

responsabilidade comum porém diferenciada, cabe aos países desenvolvidos assumir os primeiros compromissos, uma vez que historicamente são eles os grandes emissores e apresentam maior capacidade económica para suportar tais custos. Com base nesse princípio foram estabelecidos, basicamente, dois grupos de países: os integrantes do Anexo I e os não-Anexo I.

São partes do Anexo I: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Bulgária, Canadá, Comunidade Europeia, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estados Unidos da América, Estónia, Federação Russa, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letónia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Mónaco, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polónia, Portugal, Reino Unido da Grã-Bretanha, Irlanda do Norte, República Checa, Roménia, Suécia, Suíça, Turquia e Ucrânia.

Entre os países do não-Anexo I estão incluídas todas as outras partes da Convenção que não estão listadas no Anexo I. Ainda há, de acordo como a terminologia da Convenção, o chamado Anexo II, que inclui os mesmos países industrializados no Anexo I com excepção dos países em processo de transição para a economia de mercado. São países do Anexo II: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Comunidade Europeia, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos da América, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Portugal, Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, Suécia, Suíça, Turquia.

1994

Entrou em vigor a UNFCCC e foi assinada por 50 signatários, tanto países desenvolvidos como países em desenvolvimento, que assumiram uma série de responsabilidades na regulamentação das suas emissões de gases com efeito de estufa.

1995

Com a entrada em vigor da Convenção do Clima, a 21 de Março de 1994, representantes dos países signatários da UNFCC passaram a reunir-se anualmente para discutir o progresso da sua implementação. Estes encontros foram chamados de Conferência das Partes (COPs). Neste caso, Parte é o mesmo que país e a COP constitui o órgão supremo da convenção. “A Conferência das Partes (COP) é o órgão supremo da Convenção e tem a

responsabilidade de manter regularmente sob exame a implementação da Convenção, assim como quaisquer instrumentos jurídicos que a Conferência das Partes vier a adoptar, além de tomar as decisões necessárias para promover a efectiva implementação da Convenção”.

Na primeira sessão da COP, constatou-se que as Partes do Anexo I não conseguiram honrar os seus compromissos, com excepção do Reino Unido e Alemanha. Desta forma, adoptou-se em Berlim, em 1995, na primeira Conferência das Partes da Convenção do Clima, uma resolução denominada Mandato de Berlim, com o objectivo de rever os compromissos anteriormente assumidos na Convenção.

Nesta Conferência foi constituído o Activities Implemented Jointly (AJI), cuja denominação foi proposta pelo Brasil, o qual, deverá ser implementado segundo o conceito de cooperação internacional entre as Partes da Convenção, visando a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera.

1996

Na segunda conferência (COP-2), realizada em Julho de 1996, em Genebra na Suíça, foi assinada a Declaração de Genebra, que contemplou a criação de obrigações legais com vista à redução de emissões de CO₂. A COP-2 tornou-se a principal referência nas negociações que culminaram no Protocolo de Quioto. Nesta conferência foi apresentado o segundo relatório de avaliação do IPCC de 1995, mais abrangente que o anterior.

1997

Na terceira Conferência das Partes da Convenção (COP-3), realizada em Dezembro de 1997, em Quioto, Japão, foi adoptado por consenso um Protocolo à Convenção sobre Mudança do Clima. Tal protocolo estabeleceu, compromissos para as Partes Incluídas no Anexo I (países industrializados responsáveis por pelo menos 55% do total das emissões de CO₂ em 1990), de redução de pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 das emissões antrópicas combinadas de gases de efeito estufa para os períodos de 2008 a 2012.

A grande inovação do Protocolo de Quioto consistiu na possibilidade de utilização de mecanismos de flexibilidade para que os países do Anexo I

pudessem atingir os objectivos de redução dos GEE. O termo “medidas de flexibilidade” refere-se aos mecanismos de implementação cooperativa estabelecidos no Protocolo de Quioto que são, basicamente, três: implementação conjunta (Joint Implementation), comércio de emissões (Emissions Trade) e o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), sendo os dois primeiros mecanismos a serem implementados entre os países desenvolvidos (países do Anexo I), que têm compromissos de redução, e o último a ser implementado entre países que têm compromissos de redução e países sem esses objectivos (países não - Anexo I).

A implementação conjunta, que foi proposta pelos EUA e que permitiu a negociação bilateral de implementação conjunta de projectos de redução de emissões de GEE entre países integrantes do Anexo I, implicou a constituição e transferência de créditos de emissões de GEE do país implementador do projecto para o país emissor.

1998

A Quarta Conferência (COP-4) realizou-se entre 2 e 13 de Novembro de 1998, em Buenos Aires, Argentina, estabeleceu o Plano de Acção de Buenos Aires (*Buenos Aires Plan of Action* - BAPA). Este plano teve por objectivo criar um cronograma para o acordo acerca das regras operacionais do Protocolo de Quioto, estabelecendo um prazo de 2 anos para sua regulamentação.

O Protocolo foi aberto para assinatura.

1999

Em Novembro de 1999 realizou-se a COP-5 em Bonn (Alemanha), dando continuidade aos trabalhos iniciados em Buenos Aires. Nesta conferência, acordou-se um maior rigor na maneira de apresentar os relatórios nacionais dos países industrializados e a respeitar-se de forma mais estreita as directrizes relativas à medição de suas emissões de gases de efeito estufa.

2000

A COP-6 realizada em Novembro de 2000, em Haia, na Holanda, foi relatado que a Convenção já contava com 183 assinaturas, as negociações foram suspensas pela falta de acordo entre a União Europeia e os Estados Unidos em relação aos sumidouros e às actividades de mudança do uso da terra.

2001

Em virtude do impasse criado, foi convocada nova conferência, chamada de Sexta Sessão Reconvocada da Conferência das Partes - COP 6 parte II ou COP 6.5, realizada em Bonn, Alemanha, em Julho de 2001. O Protocolo de Quioto ficou mais perto da rectificação, mesmo sem o apoio dos EUA.

A Conferência resultou nos Acordos de Bonn, que finalizaram a negociação de elementos importantes expressos no Plano de Acção de Buenos Aires, como capacitação, transferência de tecnologia, medidas de adaptação aos efeitos adversos da mudança do clima e mecanismo financeiro. No entanto, ficaram pendentes questões relacionadas com a mudança no uso do solo e florestas (*Land Use, Land Use Change and Forestry* - LULUCF), conformidade, mecanismos e questões incluídas nos artigos 5, 7 e 8 do Protocolo (questões metodológicas, comunicação e informação, e revisão da informação) que foram encaminhadas para decisão na Sétima Conferência das Partes – COP7.

A COP-7 realizou-se em Novembro de 2001, em Marraquexe, Marrocos, onde foram finalizadas as negociações dos itens pendentes do Plano de Acção de Buenos Aires.

Os “Acordos de Marraquexe” que resultaram da COP7, estabeleceram as regras operacionais necessárias à ratificação do Protocolo, estabeleceu o “rule-book” de Quioto e lançou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. O IPCC anunciou o seu Terceiro Relatório de Avaliação.

2002

A oitava Conferência das Partes (COP8) realizou-se em 2002, em Nova Deli, na Índia. Apesar de importantes avanços, não determinou quais seriam as definições e modalidades para as actividades de reflorestação e florestação elegíveis ao MDL.

A União Europeia e o Japão rectificaram o Protocolo de Quioto. Em Setembro realizou-se, em Joanesburgo, África do Sul, a Cimeira Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+10), em que vários países anunciaram a intenção de rectificar o Protocolo de Quioto.

2003

Na Nona Conferência das Partes – COP 9, que aconteceu em Dezembro de 2003, em Milão, Itália, um dos principais resultados foi a definição das regras de

inclusão dos projectos de reflorestação e florestação, no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Outro aspecto relevante da COP-9 foi o convite feito para que as Partes e observadores credenciados apresentassem sugestões de modalidades e procedimentos simplificados para facilitar a implementação de projectos de florestação e reflorestação de pequena escala a serem adoptados pela COP-10 no âmbito do MDL.

Em Milão, a grande expectativa era a definição da Rússia, responsável por 17% da emissão dos poluentes mundiais, sobre a adesão ao Protocolo, que o validaria definitivamente enquanto mecanismo internacional. Apesar de afirmar no início do COP-9 que não assinaria o Protocolo, no final do evento a Rússia mudou de postura e deixou a questão em aberto.

Em 2003 ocorreu ainda a Publicação da Directiva de Comércio de Emissões.

2004

Publicação dos PNALE na Europa: directiva “linking” na Europa, ratificação pela Rússia.

2005

Entrou em vigor o Protocolo de Quioto e realizou-se a primeira Conferência das Partes, servindo como Reunião das Partes ao Protocolo de Quioto, (COP/MOP ou CMP-1) em Montreal. Iniciou-se a negociação de novos “targets” para os países industrializados. Criou-se o G8+5, Generalas Dialogue, registaram-se os primeiros projectos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e foram emitidas as primeiras CER.

2006

O volume de reduções esperadas por projectos de CDM atingiu o bilião de toneladas (cerca de 20% do total de redução esperado por Quioto), o carbono atingiu o preço de 30€/tCO₂, mas caiu a pique com as verificações do primeiro ano de funcionamento do mercado europeu.

2007

Realizou-se a revisão do PNALE para o período 2008-2012, a revisão da Directiva de Comércio de Emissões (em curso), a inclusão da aviação no mercado de emissões, o compromisso unilateral da União Europeia de reduzir em 20% até 2020, as emissões.

Foi criado, através do DL 71/2006, de 24 de Março, o fundo Português de carbono, com o objectivo de suprir o défice estimado do PNAC II de emissão em excesso de unidades de CO₂ de forma a cumprir o protocolo de Quioto. Este fundo foi constituído por uma dotação do orçamento de Estado que ascendeu aos 78 milhões em 2007, reduzindo-se progressivamente ao longo dos anos, até chegar a um valor de 30 milhões, em 2012 (perfazendo um total de 348 milhões). O fundo será gerido tecnicamente pelo comité executivo da comissão para as alterações climáticas (CAC) e a gestão financeira, a cargo da Direcção-Geral do tesouro.

A figura 47 apresenta, esquematicamente, um enquadramento institucional das questões relacionadas com as alterações climáticas.

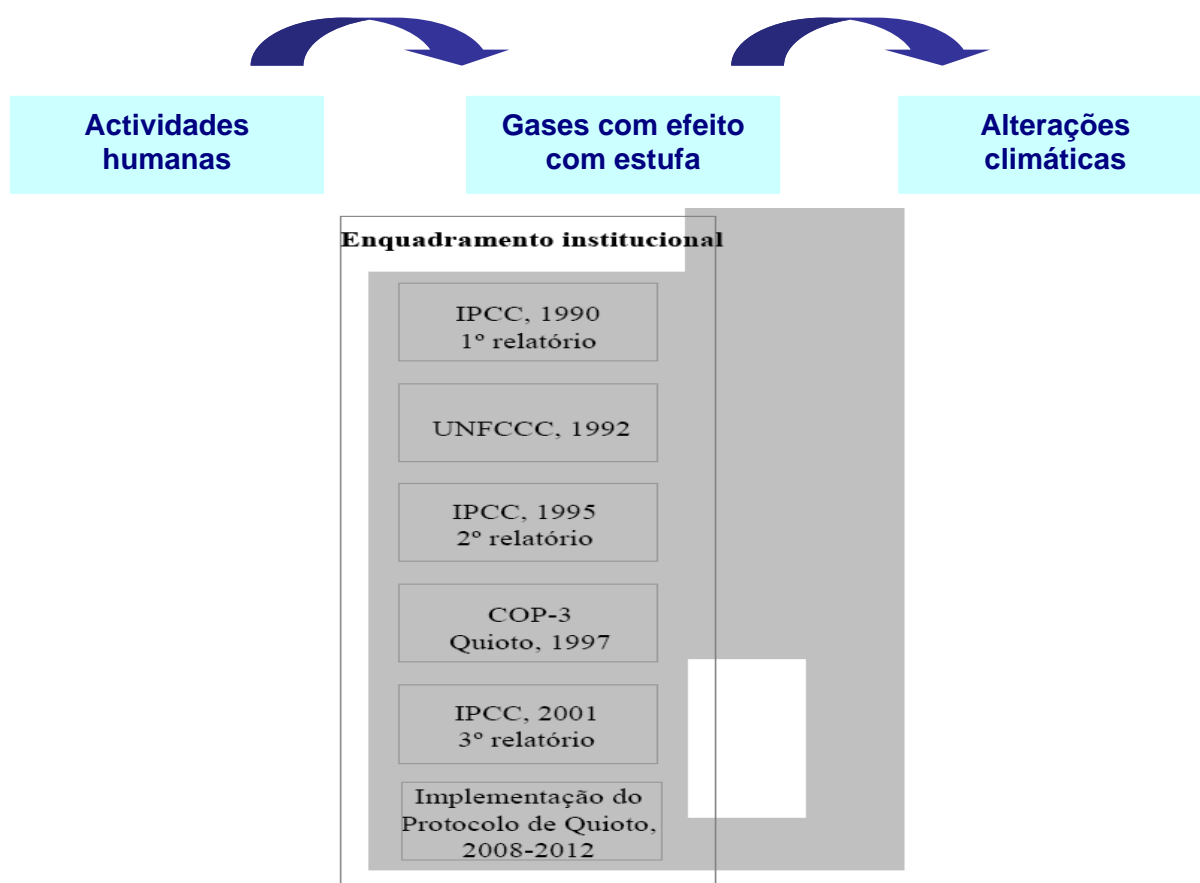


Figura 47 - Enquadramento institucional das alterações climáticas

7.3.1 - Posições dos blocos dos países

A tomada de posição política dos países e a sua eventual aliança na formação de blocos de países na convenção do clima são determinadas, entre outros, pelo papel e a competitividade da economia do país no cenário internacional, pela matriz energética em termos de emissão e pelas condições geomorfológicas do país.

As posições dos países dividem-se em dois grandes blocos, o dos países industrializados e o dos países em desenvolvimento. Os países em desenvolvimento formaram o Grupo dos 77 + China e tentaram articular-se em defesa de seus interesses, em relação aos países industrializados. É importante lembrar que, entre esses países, as razões para a existência do que parece ser uma plataforma comum nem sempre são as mesmas. Já os países desenvolvidos são representados por três subgrupos, os Estados Unidos da América (EUA), em torno do qual se constitui o Grupo Guarda-Chuva, a União Europeia (EU) e os países da antiga União Soviética. As principais divergências entre os EUA e a União Europeia referem-se à inclusão dos países em desenvolvimento no esforço da mitigação dos gases de efeito de estufa e aos limites dos mecanismos de flexibilização.

A seguir encontram-se os blocos de países com suas posições políticas :

- O bloco dos países em desenvolvimento estão subdivididos em:
 - Os países exportadores de petróleo, defendem o uso do petróleo e insistem em questionar as bases científicas do aquecimento global.
 - Os países insulares, particularmente vulneráveis à elevação do nível do mar, defendem compromissos de redução mais fortes das emissões.
 - Os emergentes sujos, com matriz energética à base de carvão mineral e muito populosos, reivindicam o critério *per capita* e não aceitam atribuição de compromissos de redução das emissões para países em desenvolvimento na primeira fase do esforço global.
 - Os mais pobres que dificilmente teriam compromissos são favoráveis ao aprofundamento do regime climático na expectativa de receber recursos através da implementação de Projectos MDL (Mecanismos Desenvolvimento Limpo).
 - Os emergentes limpos, com matriz eléctrica a base hidroeléctrica, defendem o direito ao desenvolvimento.

- O bloco dos países desenvolvidos subdivide em:
- Os ex-socialistas, sofreram uma drástica redução das emissões, em 1999, pelo colapso das suas economias. São favoráveis ao comércio de cotas de emissão na expectativa de ganhar com a venda de bónus de 'ar quente'. Apresentam alta intensidade de carbono por unidade de PIB.
 - O grupo guarda-chuva, encabeçado pelos EUA, defende a redução de emissão em igual montante para todos os países, por ser a mudança climática um problema global. Apresentam alta intensidade de carbono por unidade de PIB e per capita, resistem ao cumprimento dos compromissos com receio de perder a competitividade. Defendem o comércio das emissões e a flexibilização dos compromissos como o sequestro de carbono.
 - A União Europeia apresenta uma média emissão de carbono e defende o assumir de responsabilidades globais. É contra os mecanismos de flexibilização.

7.4 - Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto, tal como já foi referido, estabeleceu-se oficialmente na Terceira Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, em Quioto no Japão, em Dezembro de 1997, e onde participaram cerca de 125 entidades governamentais de todo o mundo. Este teve como principal objectivo a adopção de um protocolo legalmente vinculativo, em que 39 países industrializados se comprometeram a limitar durante o período de 2008-2012 as suas emissões de gases com efeito de estufa (GEE) na atmosfera. Em termos globais, a redução aponta para cerca de 5,2% com base em níveis de emissão de 1990.

Calcula-se porém, que seria necessária uma redução imediata da ordem dos 60% para evitar alterações climáticas claramente atribuíveis ao aumento da concentração dos GEE na atmosfera, em resultado da actividade humana.

As negociações são de uma extrema complexidade, já que a economia mundial está fortemente dependente do consumo de combustíveis fósseis. Para que

muitos países se comprometam a cumprir o estabelecido no protocolo, muito provavelmente terão que suportar reduções mais ou menos acentuadas do respectivo PIB, tornando muito complicada a sua aprovação interna (caso dos EUA). Para ultrapassar esta situação é necessário que haja um esforço de consciencialização global.

O objectivo global, da UE, de reduzir as emissões em 8% foi repartido numa base diferenciada. Desta diferenciação interna resulta que mais de metade dos Estados Membros irão reduzir as suas emissões, enquanto os restantes irão estabilizar ou mesmo aumentar as suas emissões. Se se verificar o não cumprimento da emissão conjunta da União Europeia, cada Estado Membro será responsável perante o Protocolo pelo cumprimento da sua parte individual.

Luxemburgo	- 28%	Dinamarca	- 21%
Alemanha	- 21%	Áustria	- 13%
Reino Unido	- 12,5%	Bélgica	- 7,5%
Itália	- 6,5%	Holanda	- 6,0%
Finlândia	0%	França	0%
Suécia	+ 4%	Irlanda	+ 13%
Espanha	+ 15%	Grécia	+ 25%
Portugal	+ 27%	EU	- 8%

Quadro 14 – Compromissos assumidos pelos Estados Membros (burden-sharing agreement), (AEA, 2004).

Para o Protocolo de Quioto entrar em vigor foi necessária a sua ratificação, aceitação, aprovação ou adesão, por (i) pelo menos, 55 Partes da CQNUMC e (ii) por Partes incluídas no Anexo I, que contabilizem juntas pelo menos 55% da quantidade total de dióxido de carbono equivalente, emitida por essas partes em 1990. Após mais de dez anos de negociações internacionais, o Protocolo entrou em vigor em 16 de Fevereiro de 2005, com a assinatura de 141 países – que representam 61,6% das emissões de 1990, embora sem a participação dos Estados Unidos, principal emissor de gases do efeito estufa do mundo, e da Austrália, maior produtor mundial de carvão mineral.

Portugal apresenta níveis de emissões de GEE por habitante inferiores à média Europeia, embora com uma intensidade superior de emissões por unidade de PIB. Uma redução do volume de emissões de CO₂ a nível global pressupõe uma convergência económica dentro da própria EU, o que em última instância, terá repercussões no PIB de cada Estado-Membro e ao nível de cada indústria.

A meta apresentada para Portugal até 2010 é extremamente exigente, representando o mais baixo nível de emissões per capita dos estados membros da UE.

Ao nível industrial, os sectores abrangidos pela directiva são o sector das celulosas, cimenteiras e cal, vidro, cerâmica e metalúrgica, e embora lhe sejam reconhecidos esforços no sentido da minimização destas emissões, estas são responsáveis por cerca de 41% do total das emissões de GEE em 2000.

Em 2003, as emissões totais de gases de efeito de estufa eram de cerca de 80 000 kt de CO₂ equivalente (IA, 2005), tendo-se verificado um aumento de cerca de 37% comparativamente a 1990 (IA, 2005).

A Figura 48 mostra as principais fontes de emissão de gases com efeito de estufa, notando-se que o sector energético contribui com 73%. Observa-se ainda, que destes 73%, cerca de 25% resultam da actividade de produção e transformação de energia e 25% é emitido pelo sector dos transportes.

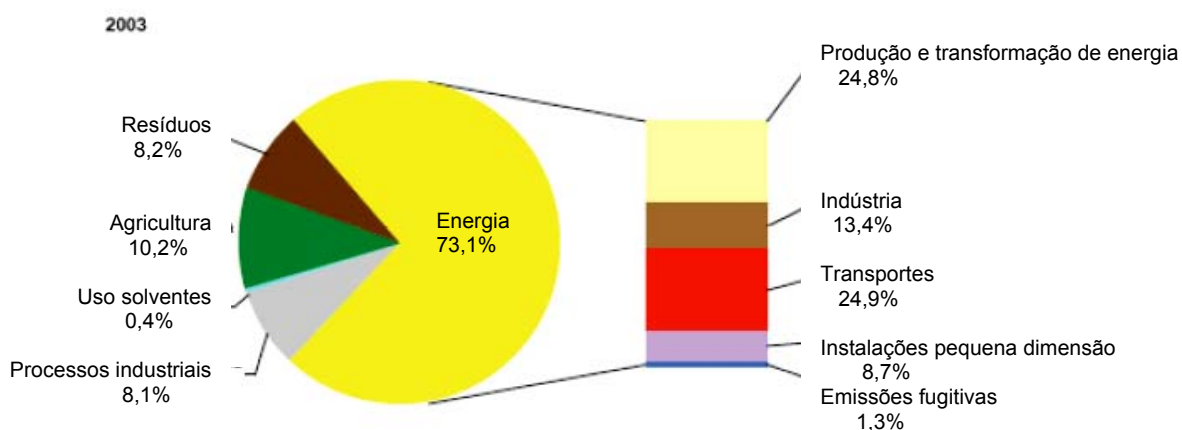


Figura 48- Principais fontes de emissão de gases de efeito de estufa (DGGE, 2005)

7.4.1. - Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)

Portugal, enquanto país signatário do Protocolo de Quioto, comprometeu-se, sob o acordo de partilha de responsabilidades negociado na UE, a controlar as suas emissões de GEE's por forma a que as mesmas, no primeiro período de cumprimento, 2008-2012, não excedam 27% do nível registado em 1990.

Com os objectivos de conter o aumento esperado de emissões e de cumprir com um dos requisitos da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, foi elaborado em 2001 um documento orientador, o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), que entretanto foi revisto pela Resolução do Conselho de Ministros nº104/2006.

O Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) é responsável pela identificação de um conjunto de medidas políticas relacionadas com a emissão de GEE. Em Janeiro de 2005, foi aprovado um Programa de Avaliação e Monitorização do PNAC, através do qual se produzem indicadores de execução, eficácia ambiental e cumprimento, por sector e a nível nacional, das medidas previstas.

O PNAC “avalia o compromisso de Portugal face ao primeiro período de cumprimento do Protocolo de Quioto”, actualizando a informação de natureza macroeconómica, as políticas e as medidas de minimização do não cumprimento.

Não é possível dissociar a situação macroeconómica do país das metas de Quioto, uma vez que a evolução do PIB tem implicações directas na procura de energia e consequentemente nas emissões de GEE. Daí que o cenário macroeconómico seja fundamental. Uma redução das taxas de crescimento do PIB irá, juntamente com a redução do valor acrescentado bruto num determinado sector, levar a uma redução de consumos de energia (PNAC, 2006). No entanto terá, também, como consequência um menor poder de compra, o que se reflecte no maior tempo de renovação da frota automóvel, por exemplo.

O PNAC fornece ainda estimativas de projecção de emissões de GEE para vários sectores e para 2010, que é o ano médio entre 2008 e 2012.

Portugal tem uma quantidade atribuída de 77,19 MtCO₂e/ano, estimando-se no PNAC emissões em 2010 da ordem das 87,96 MtCO₂e/ano, tendo em consideração as Políticas e Medidas já em aplicação. A consideração das alterações no uso do solo e das florestas permite abater 3,36 MtCO₂e/ano, a esse total, fixando

assim o balanço líquido em 84,60 MtCO₂e/ano. A convergência para a meta de Quioto deixa assim um défice de 7,41 Mt CO₂e/ano.

Para o cumprimento dos compromissos assumidos, o PNAC 2006 identificou um conjunto de Medidas Adicionais, baseadas na prevista evolução dos diversos sectores da sociedade até 2010, figura 49.

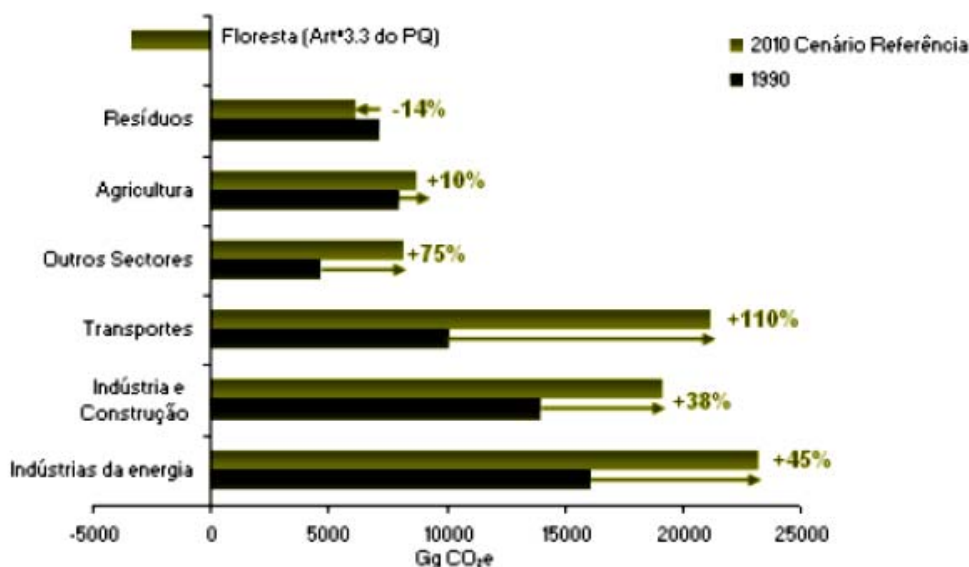


Figura 49 – Evolução prevista dos sectores da sociedade (PNAC, 2006).

A figura 49 mostra que os sectores com maior impacte continuam a ser as indústrias de energia, prevendo-se para o sector dos transportes um enorme crescimento. Prevê-se que apenas os resíduos tenham um decréscimo de emissões, o que pode ser explicado pela introdução de Directivas Comunitárias que estipulam metas de reciclagem em detrimento de deposição em aterro e incineração.

Estas medidas permitirão reduzir o total de emissões nacionais em 3,69 Mt CO₂e/ano, mesmo assim as emissões de GEE ficam ainda 5% acima da meta estipulada (défice de 3,73 Mt CO₂e/ano), o que sugere que devem ser tidas em conta outras medidas e políticas.

	Cenário referência		Cenário com medidas adicionais	Redução com medidas adicionais
Gg CO₂e	1990	2010	2010	%
1. Energia	40 169	65 741	63 782	- 3%
A- Actividades de combustão	39 944	64 302	62 336	
1. Industrias da energia	16 010	23 146	22 161	- 4 %
2. Industria e construção	9 263	11 902	11 602	- 3 %
3. Transportes	10 052	21 151	20 543	- 3 %
4. Outros sectores	4 619	8 104	8 031	- 1 %
B- Emissões fugitivas de combustíveis (produtos de petróleo e gás natural)	225	1 438	1 445	
2. Processos industriais	4 626	7 204	7 204	0 %
3. Solventes e uso de outros produtos	220	290	290	0 %
4. Agricultura	7 878	8 649	8 220	-5 %
5. Resíduos	7 061	6 080	6 080	0 %
Balanço de emissões nacionais	59 954	87 964	85 576	- 3 %
Alteração de usos do solo e floresta				
Desflorestação (artº 3.7)	822			
Artº 3.3 (FRD)		- 3 355		
Desflorestação		388		
Florestação/reflorestação		- 3 743		
Artº 3.4			- 1 300	
Gestão florestal			- 800	
Gestão agrícola/gestão pastagens			- 500	
Balanço líquido de emissões	60 775	84 608	80 920	- 5 %

Quadro 15 – Balanço nacional líquido de emissões de GEE com medidas adicionais e contribuição das alterações do uso do solo e floresta, (PNAC, 2006).

O défice referido anteriormente de 5% em 2010 será “suprido, em condições a definir, por dois tipos de medidas, maiores reduções às unidades abrangidas pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) e uso dos mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto”.

O Sistema Europeu de Comércio de Emissões (ETS) abrange cerca de 250 instalações nacionais, indústrias e instituições ligadas à produção de energia.

Através do Programa Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE 2008-2012), serão atribuídas, gratuitamente, às instalações dos sectores de

actividade constantes do Anexo I ao Diploma CELE, licenças de emissão, cujo montante de licenças inclui uma reserva para novas instalações.

No final de 2006 foi criado o Fundo de Carbono, com um capital inicial de 6 milhões de euros, sendo que até 2012 deverá atingir um total de 354 milhões de euros, cuja gestão técnica cabe à CAC (Comissão Interministerial para as Alterações Climáticas, que funciona como AND, (Autoridade Designada para os Mecanismos Flexíveis de Quioto), e a gestão financeira à Direcção Geral do Tesouro, mas será financiado via Orçamento de Estado e através da taxação de carbono.

Este Fundo propõe-se adquirir o equivalente a 1,86 Mt CO₂e/ano, podendo ser utilizado em projectos de desenvolvimento limpo nos países em desenvolvimento, devendo o défice residual ser obtido por reduções no seio do CELE. Daqui resulta que o tecto CELE para o PNALE II será de 33,93 MtCO₂e/ano.

7.5 - Ecossistemas Terrestres e Balanço de Carbono

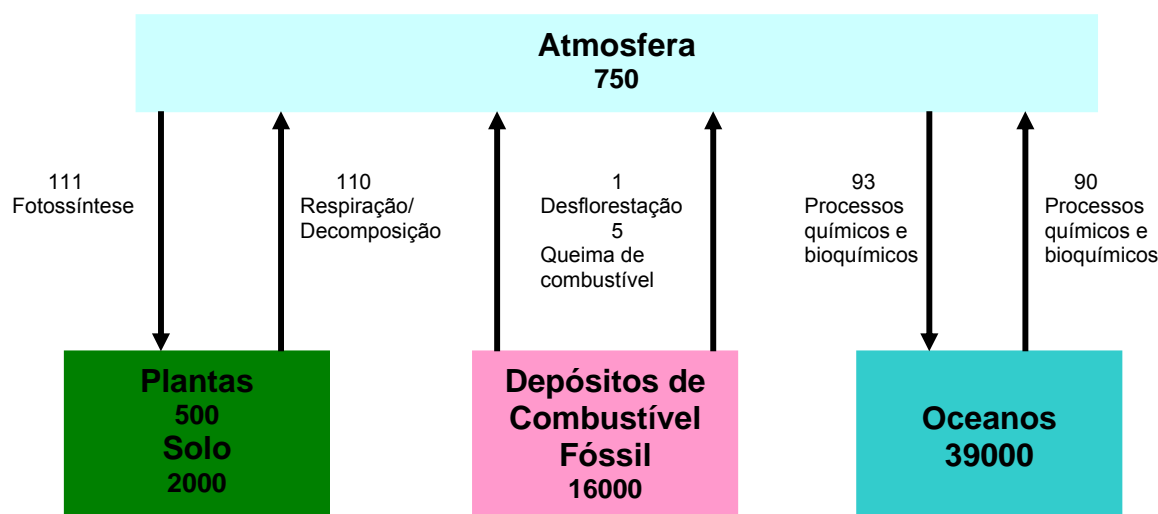
A questão do efeito de estufa relaciona-se com as emissões antropogénicas (resultantes das acções humanas) de gases de efeito de estufa e tem preocupado a comunidade científica, os governos e a opinião pública, pelas repercussões directas e indirectas nas sociedades e na economia mundial.

Na Era pré-industrial a concentração de CO₂ na atmosfera manteve-se estável em resultado do equilíbrio entre as emissões e a assimilação. No entanto, durante os últimos 200 anos, cerca de 405 Gt de carbono foram libertadas para a atmosfera, como resultado da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), produção de cimento e alterações no uso do solo (principalmente destruição das florestas).

Os principais reservatórios de carbono são a atmosfera, os oceanos, a matéria orgânica, o biota, o solo, as rochas e os combustíveis fósseis.

O dióxido de carbono percorre um ciclo entre a atmosfera, os oceanos e a biosfera terrestre. As maiores trocas de CO₂ ocorrem entre a atmosfera e a biosfera terrestre (110 GtC/ano) e entre a atmosfera e as águas superficiais dos oceanos (90 GtC/ano). Apesar da capacidade de armazenamento de dióxido de carbono pelos oceanos estar limitada, pela solubilidade deste na água do mar e pela lenta taxa de

mistura entre águas superficiais e profundas dos oceanos, os oceanos contêm cerca de cinquenta vezes mais de carbono que a atmosfera (750 GtC/ano), figura 53.



Depósitos em Gt C e fluxos em Gt/ano.

Figura 50 – Ciclo de carbono, (Adaptado IPCC, 2001).

Por sua vez a vegetação e o solo contêm cerca de três vezes a quantidade de carbono presente na atmosfera, sendo a troca controlada pelos processos fotossintéticos e de respiração.

Os factores que influenciam o armazenamento de CO₂ incluem os efeitos directos do uso do solo e as suas alterações, mas também depende da resposta dos ecossistemas terrestres à deposição de nutrientes, variações climáticas e distúrbios como secas, incêndios, etc.

O termo balanço está directamente ligado às taxas líquidas de trocas do material armazenado nos sistemas ecológicos com o meio externo (Olson, 1963). Esta teoria enfatiza o conceito proposto por Odum (1983), de que os ecossistemas são sistemas abertos que permitem fluxos de entrada e saída acoplados, que mantêm o funcionamento do ecossistema. Assim, a taxa de entrada de material menos a saída deve ser igual ao que ficou armazenado no sistema.

7.6 – Sequestro de CO₂ pela floresta

Os vegetais possuem a capacidade de capturar e fixar carbono que, associado com outros elementos, resulta em substâncias complexas dentre as quais compostos celulósicos, principalmente madeira. Este processo de mitigação biológica das plantas designa-se de sequestro florestal do carbono.

Conforme mencionado pelo IPCC (2001), as florestas, as terras agrícolas e outros ecossistemas terrestres oferecem um grande potencial de mitigação de carbono. No entanto, as florestas constituem um tipo exclusivo dentre os vegetais, porque o período de vida de uma árvore pode ser de décadas e até de séculos, embora, após a fase de maturidade, os incrementos geralmente sejam bem menores do que os verificados em fases anteriores, é possível mencionar que as árvores possuem a capacidade permanente de captura e fixação de carbono por longos períodos).

De um modo geral, a estimativa para o aumento médio de depósito de carbono em florestas produtivas a longo prazo, isto é, tendo em conta a colheita de biomassa para fins industriais ou energia e ocorrências acidentais (por exemplo incêndios e problemas fitossanitários), é de cerca de 75 tCha⁻¹ em relação a um estado inicial médio (agricultura), presumindo-se um valor máximo de armazenamento de cerca de 250 tCha⁻¹, em florestas com várias dezenas de anos, algumas espécies conseguem fixar mais de 200 toneladas de carbono por hectare (Maser et al., 2003).

Num contexto de alterações climáticas e de urgência na mitigação do aumento na concentração atmosférica de gases com efeito de estufa (GEE), a importância da gestão florestal, face ao seu papel para o sequestro do carbono, aumenta. Actualmente, o sequestro de carbono é aceite como uma das modalidades dentro dos mecanismos de desenvolvimento limpo, do Protocolo de Quioto.

O Protocolo de Quioto considera quatro formas de sequestro: reflorestação (inclusive de sistemas agro-florestais) que sequestra o carbono; silvicultura florestal sustentável que tanto sequestra quanto reduz as emissões; conservação e protecção florestal contra desflorestação que é uma forma de emissão evitada e substituição do combustível fóssil por biomassa renovável para reduzir as emissões, sendo apenas esta a redução da emissão permanente (IPCC, 2001).

Assim, é de considerar vários itens que podem servir para delinear inúmeras medidas que visam obter a sustentabilidade da floresta portuguesa e a manutenção do seu efeito de sumidouro, salientando-se:

- Fundo Investimento Imobiliário Florestal: aumento da dimensão das explorações, melhoria na composição e estrutura produtiva dos povoamentos;
- Utilização do comércio dos produtos da floresta para sustentar os custos da sua manutenção;
- Aquisição de informação técnica, para fornecer bases técnicas e económicas das diversas alternativas com vista à redução de GEE;
- Monitorização da situação, inventários e projecções. Sistemas de Informação Geográfica e caracterização de todo o coberto vegetal do país;
- Políticas de custo -eficácia e medidas trans-sectoriais;
- Regeneração da floresta por processos naturais, aproveitamento de sementes que se encontram no solo. Evitando a florestação por plantação directa de espécies;
- Usar no processo de florestação/expansão espécies autóctones, preservando desta forma o legado genético da área, caso contrário pode-se pôr em risco o sistema ecológico;
- Conservar a diversidade biológica;
- Manutenção da capacidade produtiva dos ecossistemas florestais, assim como da sua vitalidade e saúde;
- Conservação e manutenção dos recursos aquíferos e dos solos;
- Manutenção da contribuição da floresta para o ciclo do carbono;
- Manutenção e valorização dos benefícios sócio-económicos de acordo com as necessidades sociais;
- Certificação dos produtos que provêm da floresta, assim como certificação da gestão da mesma (poderá ser feita através da ISO 14000);
- Manter a capacidade de renovação da floresta;
- Estabelecer a manutenção de forma a satisfazer as necessidades do mercado pelos produtos provenientes da floresta;
- Evitar a desflorestação;

- Redução do nível de desflorestação ajuda a diminuir as emissões de C e os problemas sociais e ambientais que daí advêm (por ex.: interferência nos sistemas hidrológicos);
- Diminui o valor social, espiritual e estético das florestas;
- Gestão eficiente das florestas;
- Actividades que possam alterar o armazenamento de carbono
 - A fertilização usada;
 - Controlo de doenças;
 - A temporalização e quantificação das colheitas;
 - Plantações de baixo impacto;
 - Redução da degradação florestal;
- Controlo dos fogos florestais
 - Limpeza das áreas florestais, o que diminuirá a velocidade de propagação de possíveis incêndios, pois não haverá tanto “combustível” que os alimente;
 - Estabelecer a ponte entre os fogos e as colheitas e uso de madeira, de forma a avaliar melhor o fluxo de carbono;
 - Acção conjunta com as populações na prevenção e detecção de fogos;
 - Sensibilização das populações para as práticas a ter em conta quando se faz “um dia com a família, na floresta”.
- Programa de educação nas escolas;
- Incentivos à investigação;
- Substituição de combustíveis fósseis por “wood-based”.

No entanto, há que ter em consideração que apenas intervenções concertadas e conjuntas permitem atingir os objectivos e que acções isoladas poderão apenas aumentar ainda mais o problema e destruir o que de benéfico já tinha se tinha conseguido.

7.6.1 - Controvérsias científicas sobre o sequestro florestal do carbono

Apesar das abundantes evidências que provam que as florestas são um sumidouro importante para compensar as emissões de gases de estufa dos diversos

países, este é ainda um assunto com alguma controvérsia. Neste campo, as controvérsias têm incidido, por exemplo:

- i) na definição dos termos chave (por exemplo, desflorestação, florestação, reflorestação);
- ii) se é melhor plantar novas florestas ou preservar as florestas antigas;
- iii) como devem ser considerados, quer as alterações de uso do solo, quer os actos de gestão florestal (rotações, produtos) em relação à força-sumidouro, no âmbito do art. 3.4 do Protocolo de Quioto;
- iv) qual a longevidade do sumidouro terrestre (inclusive florestas), perante o impacte do aquecimento global.

Quanto ao debate sobre o sequestro de carbono no plano internacional, as ONGs ambientalistas sedeadas na Europa, entre elas a Greenpeace, Friends of Earth (FOE), World Wildlife Fund (WWF), Birdlife International e World Rainforest Movement (WRM), têm-se oposto à inclusão do sequestro florestal do carbono no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, tanto em relação à reflorestação como em relação à conservação florestal (Fernside, 2001). O argumento central destas é de que o cômputo de carbono florestal envolve incertezas, com dificuldades de garantir resultados mensuráveis, e nível de fiabilidade baixo. Portanto, é questionável a sua contribuição para o problema da mudança climática e dispensaria países industrializados de reduzir as próprias emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis. Esses ambientalistas acreditam que a mudança de fontes energéticas que eliminam a queima de combustíveis fósseis é a única resposta séria ao aquecimento global. Contudo, entre as ONGs ambientalistas internacionais há um grupo de ONGs ambientalistas, sedeadas nos EUA, que aceita o instrumento do sequestro de carbono, porém privilegia a conservação florestal no lugar da reflorestação. As que mais se destacam nesta posição são: a Conservation International (CI), The Nature Conservancy (TNC), Environmental Defense (EDF) e Natural Resources Defense Council (NRDC) (Fernside, 2001). Estas encontraram na conservação florestal a oportunidade de preservar a biodiversidade, o ciclo hidrológico e o uso sustentável dos recursos florestais e argumentam que a desflorestação evitada, reduz as emissões de CO₂ e contribuem para a mitigação do efeito estufa.

No tocante ao objectivo central da convenção do clima o sequestro florestal de carbono trata-se de uma medida paliativa e não permanente, embora possa trazer alguns benefícios ecológicos secundários. Internacionalmente, do ponto de vista de disponibilidade de recursos, o sequestro florestal do carbono compete com recursos destinados para a redução das emissões na fonte propriamente dita, quanto para a adaptação aos efeitos da mudança climática. Entretanto, pelo facto dessa forma de compensação ser mais barata, é mais facilmente adoptada, o que interessa principalmente aos países com compromissos de redução.

7.7 - Mercado de Créditos de Carbono

A Economia do Carbono surge como consequência da internalização dos custos associados às alterações climáticas, nomeadamente o aquecimento global terrestre, e da entrada em vigor do Protocolo de Quioto. A tonelada de Carbono passou a ter uma cotação no mercado e as emissões de CO₂ passaram a constituir um custo integrado nos preços dos produtos e/ou actividades. Ou seja, o desafio passou a ser, produzir o mesmo utilizando tecnologias mais limpas.

Com origem na Convenção sobre Mudanças Climáticas em 1992, os créditos de carbono não são mais do que certificados que autorizam o direito de poluir. As entidades reguladoras dos direitos ambientais emitem certificados que autorizam a emissão de toneladas de dióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de carbono e outros gases poluentes. O processo consiste em identificar indústrias com níveis de emissão superiores aos permitidos, e a partir daí estabelecer uma meta para a sua redução. Os certificados são transferíveis e transaccionáveis, possibilitando que cada indústria estabeleça o seu próprio ritmo de adequação às leis ambientais propostas, permitindo que as indústrias mais poluentes comprem certificados de empresas melhor sucedidas.

Na prática os Créditos de Carbono funcionam como uma moeda ambiental, que pode ser conseguida por diversos meios, entre os quais projectos que absorvam e/ou reduzam GEE da atmosfera: reflorestação, redução das emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis, substituição de combustíveis fósseis por fontes de energias renováveis (eólica, solar, biomassa) e aproveitamento das emissões poluentes (metano de aterros sanitários) para a produção de energia.

As estimativas do Banco Mundial apontam como principais compradores de créditos entre Janeiro de 2004 e Abril de 2005, o Japão (21%), a Holanda (16%), o Reino Unido (12%) e o restante da União Europeia (32%). Em termos de oferta de créditos (volume), a Índia lidera o ranking, com 31%. O Brasil possui 13%, a Ásia (inclusive China) 14% e a América Latina 22%.

Segundo a Point Carbon, o mercado de carbono movimentou em 2003 aproximadamente US\$ 300 milhões e somente nos quatro primeiros meses de 2004 o montante chegou a quase US\$ 260 milhões. Acrescenta ainda que a maior parte destes créditos foi comercializada a uma média de US\$ 5.00/tCO₂e, para os projectos dentro da regra do Protocolo de Quioto.

As consequências da economia do carbono poderão ser as seguintes:

- Os produtores de energia eléctrica a partir de combustíveis fósseis, ao internalizarem os custos da redução de emissões no preço da energia eléctrica, elevam o preço da energia proveniente dessas fontes convencionais. Tal incentivará o desenvolvimento das energias renováveis, acrescentando competitividade a estas fontes (associada está, também, a descida do custo das tecnologias de produção);
- O esperado aumento do preço da electricidade e o facto das empresas abrangidas pelo CELE internalizarem o custo do CO₂, aumenta a pressão sobre os respectivos custos de produção, o que também se repercutirá no preço dos produtos;
- A internalização dos custos do carbono irá influenciar o valor accionista das empresas abrangidas pelo CELE;
- A criação de novas áreas de negócios dentro das próprias empresas abrangidas pelo CELE, tais como: serviços de consultadoria e novos produtos financeiros de trading de unidades de CO₂.

7.7.1 - A questão económica e a competitividade empresarial

Uma vez ratificado o Protocolo Quioto, o compromisso de redução das emissões dos países industrializados foi transferido para as empresas que emitem GEE, nesses países. Restando-lhes, essencialmente, duas alternativas, para não comprometerem o seu crescimento económico, investir em tecnologias mais eficientes em termos de emissão de GEE e/ou utilizar os mecanismos de flexibilidade previstos no Protocolo de Quioto.

O problema de curto prazo para cumprir o Protocolo Quioto não é tecnológico, pois as tecnologias já estão disponíveis, o maior entrave é a questão político-económica, pois a mudança tecnológica acarretará grandes custos para obter energia mais limpa e eficiente. Estes custos recaem de forma diferenciada em diversos sectores e países, tais como, o sector petrolífero e os países com matriz energética mais dependente de combustível fóssil. Nesta linha, Cacho et al. (2002) argumentaram que a adopção de novas tecnologias que utilizem os combustíveis fósseis de forma mais eficiente requer a retirada da infra-estrutura existente, o que pode implicar investimentos consideráveis.

Entretanto, à parte das resistências sectoriais, representadas por *lobbies* próprios ou por posições oficiais de governos, as empresas ao nível individual competem entre si. Diante da perspectiva de uma regulamentação efectiva das emissões, muitas corporações económicas de maior porte e de intensa emissão, principalmente as geradoras de energia, as do sector dos transportes e as petrolíferas estão, cada vez mais, a adoptar voluntariamente planos para a redução das emissões, bem como a procurar alternativas para compensá-las.

A lógica desta estratégia é que quanto mais cedo as empresas agirem, mais se garantem contra barreiras futuras, previnem-se contra custos futuros maiores e até criam possibilidades de fontes de receitas. Em outras palavras, ao agir antes, as empresas transformam uma acção defensiva numa ofensiva inteligente (Totten, 2000). Diante desse novo mercado em formação, as empresas que não correrem atrás de oportunidades e alternativas expõem-se ao risco de ficar para trás e ter que pagar altos preços pelos certificados de carbono.

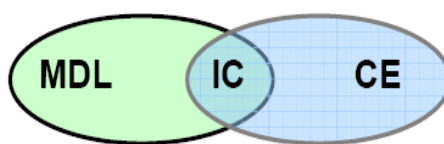
É nesse contexto que se afigura uma gama de alternativas no MDL de eficiência energética, energia limpa renovável, florestação e reflorestação, com variados custos e riscos, em que as opções para eficiência energética revelaram ser as mais caras, e as opções florestais as mais baratas.

7.7.2 - Mecanismos de Flexibilização

Com base no princípio da responsabilidade diferenciada, o Protocolo de Quioto constituiu uma proposta concreta para iniciar o processo de estabilização das emissões de GEE, através dos mecanismos de flexibilização: Comércio de Emissões

(CE), Implementação Conjunta (IC) e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Os mecanismos apresentam grandes diferenças quanto aos participantes e quanto à forma de aplicação. Os dois primeiros mecanismos são restritos à participação de partes ou países pertencentes ao anexo I. Apenas o MDL permite a participação dos países em desenvolvimento. Relativamente à operacionalidade dos instrumentos, o CE baseia-se na comercialização de permissão de emissão, enquanto os outros dois instrumentos baseiam-se na elaboração de projectos que levem a uma redução de emissão.

Mecanismos baseados em projectos



Mecanismos restritos a países Anexo 1

Figura 51 - Funcionalidade e participantes dos três mecanismos de flexibilização propostos pelo Tratado de Quioto.

Em qualquer das situações, um país do Anexo I poderá ultrapassar o seu limite de emissões sem que as emissões líquidas globais aumentem. Isto é possível porque há uma redução equivalente de emissões em outro país do Anexo I ou a compensação através de um projecto que evita outras emissões ou sequestra GEE na mesma quantidade num país fora do Anexo I.

7.7.2.1 - Comércio de Emissões

O CE é a principal moldura de todo o sistema de reduções proposto em Quioto. Trata-se de políticas baseadas em mercados de licenças negociáveis para poluir (*Tradable Permits*). Esse mecanismo é permitido apenas aos países do Anexo I (pois países não-anexo I não possuem metas, logo não podem participar neste mecanismo), estes negociam entre si as quotas de emissão acordadas em Quioto, em que os países com emissões maiores do que as suas quotas podem adquirir créditos para cobrir tais excessos, ou seja um regime de troca de emissões onde os países industrializados podem comprar e vender créditos de emissões entre si.

Desde que cumpridas as metas estipuladas, estes países podem negociar o excedente de redução de emissões como créditos comercializáveis.

Os países possuem uma grande heterogeneidade em relação às suas condições políticas, modernidade do parque industrial, hábitos da sociedade ou dependência de combustíveis fósseis. Portanto, há países com maior facilidade de redução de emissão e outros com maiores dificuldades. Em função disso, os países podem negociar os seus direitos de emitir. Ou seja, um país A que consegue reduzir as suas emissões a um baixo custo, possui um incentivo para reduzir o máximo possível, podendo comercializar a diferença entre a redução de emissão e a sua meta, com países que apresentam uma maior dificuldade de redução de emissão, ou seja, um maior custo. Esse “crédito” que o país A possui foi definido no Tratado de Quioto como Unidade de Quantidade Atribuída – UQA (ou Assigned Amount Unit – AAU, em inglês), também conhecida no mercado como “*Allowances*”, ou seja “permissões”, por se tratar da comercialização do direito de emitir.

O país A, caso comercialize os seus UQAs passará a ter uma meta de redução de emissão maior, enquanto o país comprador terá uma meta de redução de emissão menor. Porém do ponto de vista global, as emissões serão as mesmas já que o somatório dessas duas novas metas é o mesmo que o das metas antes da comercialização (Figura 52). Com isso, reduz-se o custo global de reduções de emissão.

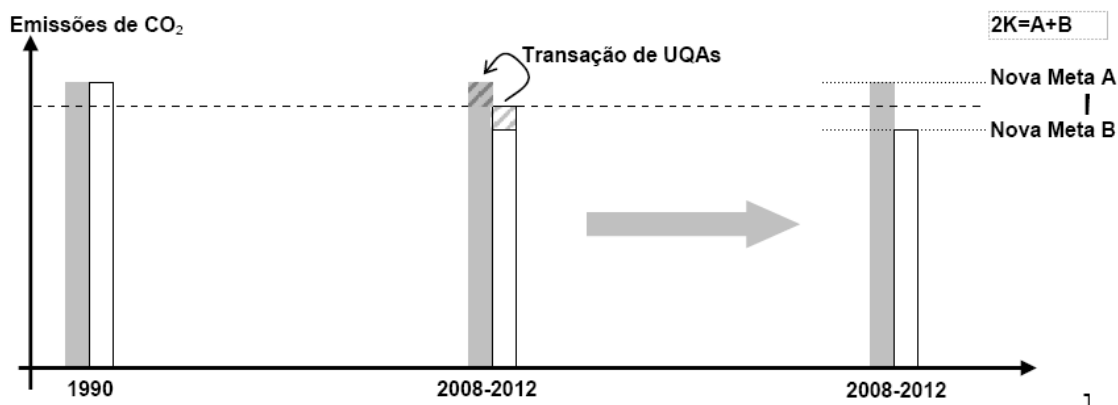


Figura 52 - Ilustração do funcionamento do Comércio de Emissões (CE), proposto pelo Tratado de Quioto.

7.7.2.2- Mecanismos baseados em projectos

Além do mecanismo baseado no comércio de permissões de emissão, há outros dois mecanismos baseados em projectos: IC e MDL. O conceito desses mecanismos baseia-se no facto de serem necessários investimentos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Como se trata de um problema global, não importa se o investimento é feito no país de origem ou em qualquer outro país do globo, portanto, projectos que levem a uma redução de emissão geram um “crédito” referente a essa redução. Países do Anexo I podem investir nesses projectos, assim como poderiam investir numa acção interna, utilizando esses “créditos” como uma das formas para se atingir a meta de redução de emissão. O benefício obtido pelo criador do projecto com o mercado de carbono é exactamente a ajuda necessária para viabilizar o empreendimento, ou seja, sem os benefícios adicionais e receitas adicionais provenientes do crédito de carbono, o empreendimento não seria viável, e não aconteceria.

Essa redução de emissão, que se tornará crédito para o criador do projecto ajudando-o a viabilizar a actividade, é calculada como a diferença entre as emissões do que aconteceria sem a actividade de projecto (as emissões de linha de base) e as emissões decorrentes da actividade de projecto (emissões de projecto).

A quantificação correcta das emissões desses dois cenários é fundamental, para que não haja, nem uma sub quantificação ou menos ainda uma sob quantificação. Uma sub quantificação tem como principal consequência a geração de menos créditos, o que pode levar à inviabilização de algumas actividades, diminuindo a penetração dos mecanismos baseados em projectos. Nessa situação, espera-se como resultado um custo global maior para redução de emissão dos gases de efeito estufa.

Já no caso da super quantificação, as consequências são ainda piores. A principal consequência é facto de a actividade não estar a considerar uma real redução de emissão. Consequentemente, um país anexo I deixa de reduzir a sua emissão internamente acreditando que está a comprar uma redução de emissão noutro país. Como resultado final, tem-se um aumento de emissão, pois somam-se as emissões de projecto e do país anexo I, comprador dos créditos.

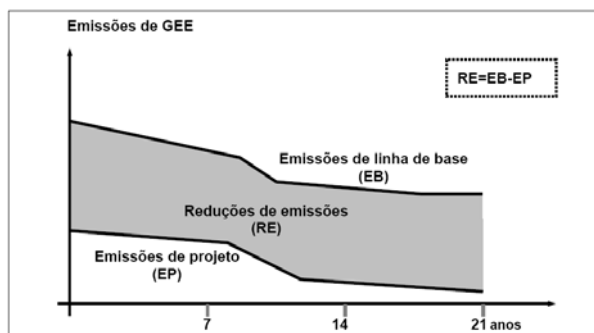


Figura 53 - Ilustração do conceito das reduções de emissões.

7.7.2.2.1 - Implementação Conjunta (IC)

Os projectos IC geram unidades de redução de emissões a partir do financiamento de projectos feitos por países desenvolvidos e outros do Anexo I em outros países, também desenvolvidos, onde os custos das actividades de redução das emissões ou o sequestro de CO₂ sejam menores. Dá a possibilidade de países do Anexo I receberem unidades de emissão reduzida quando ajudarem a desenvolver projectos em outros países do Anexo I que levem a redução de GEE. Os créditos de projectos de Implementação Conjunta, são denominados Unidades de Redução de Emissões (UREs).

7.7.2.2.2 - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

O MDL permite que países do Anexo I financiem projectos de redução ou comprem os volumes de redução de emissões de GEE, resultantes de iniciativas desenvolvidas nos países não incluídos no Anexo I, que no primeiro período de cumprimento do Protocolo de Quioto, 2008 a 2012, não têm metas definidas de redução de emissões.

Quando um país não incluído no Anexo I, desenvolve um projecto de reduções de emissão de GEE, devidamente certificado, são emitidos os chamados *CERs – Reduções Certificadas de Emissões* (a unidade de medida utilizada para medir os diferentes gases é a tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente, tCO₂e, que consiste ou numa tonelada de dióxido de carbono ou numa dada quantidade de outro gás que lhe seja equivalente), que são papéis comercializáveis. Desta forma, o Protocolo de Quioto delineou um arranjo institucional que oferece aos

países e aos agentes económicos vários incentivos para a redução das emissões de GEE.

Além de criar incentivos económicos para a redução das emissões, os mecanismos de flexibilização permitem que isto seja feito com a máxima eficiência. O custo de sequestrar GEE ou reduzir emissões varia de país para país. Se o único objectivo de um projecto é gerar CERs, é razoável investir no país ou região que apresentar o menor custo de redução de emissões ou sequestro de GEE.

Ao mesmo tempo que este mecanismo pode reduzir os custos dos países desenvolvidos, os países emergentes também vêem grandes oportunidades com o MDL. O mecanismo, não só aumentará o fluxo de investimentos externos directos, como exige que esses investimentos viabilizem o desenvolvimento sustentável no país anfitrião.

Assim, as empresas que não conseguirem/quiserem reduzir as emissões, poderão comprar Reduções Certificadas de Emissões (CER) em países em desenvolvimento e usá-los para cumprir as suas obrigações, embora o uso deste mecanismo esteja limitado apenas a uma parcela dos seus compromissos de redução.

O Ciclo de um projecto de MDL deverá seguir algumas etapas de forma que os CERs possam ser emitidos, Figura 54.

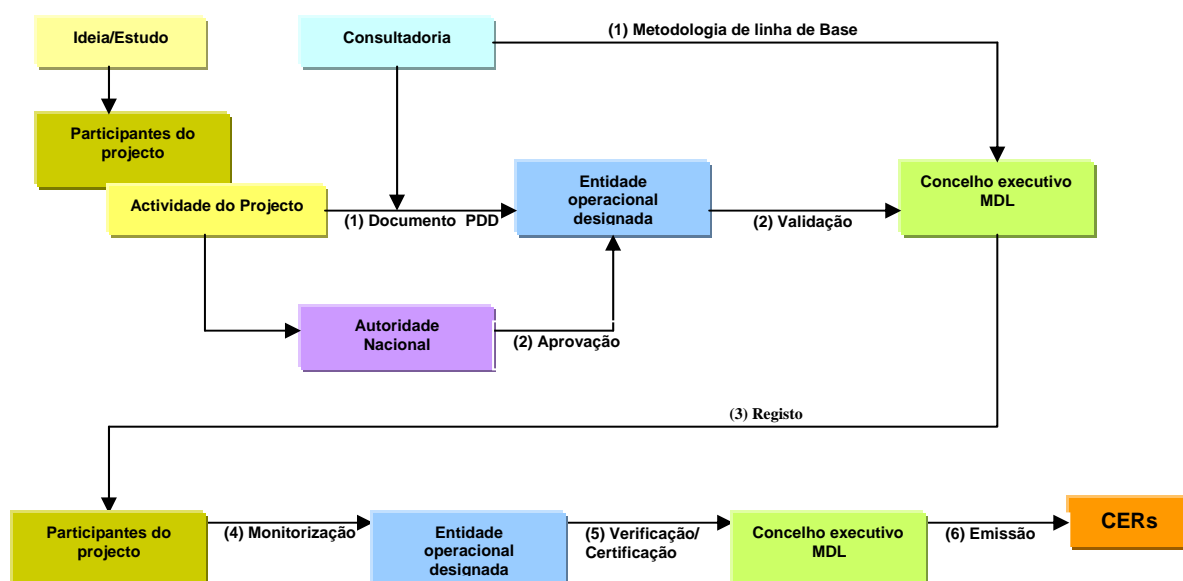


Figura 54 – Ciclo de projecto do MDL para obtenção de CERs, (adaptado de Aukland et al. 2002).

O esquema do ciclo de projecto de MDL, está dividido em 2 ciclos, o 1º ciclo, inclui as etapas de elaboração do DCP (ou PDD – *Project Design Document*), validação, aprovação do país hospedeiro e registo e o 2º ciclo, inclui as etapas de monitorização, elaboração do relatório de monitorização, verificação/certificação e emissão do CER's.

7.7.2.2.3 - Documento de Concepção do Projecto

O Documento de Concepção do Projecto (Project Design Document – PDD) descreve o projecto em perspectiva e como este preenche os requisitos de validação, definidos nos Acordos de Marraquexe. O PDD é o principal documento levado em conta pelo avaliador. Este documento é submetido a consulta pública durante o período de 30 dias.

Além da descrição das actividades de projecto e dos respectivos participantes, o PDD deverá indicar de forma clara e transparente:

- a descrição, informações técnicas e localização do projecto;
- a metodologia da linha de base utilizada e justificativa para a adicionalidade, bem como limites do projecto.

7.7.2.2.4 - Linha de base

A linha de base descreve os acontecimentos e a quantidade de gases de estufa que serão emitidos na ausência do projecto MDL. A linha de base é o cenário referência, usado para estimar a redução de emissões obtida com um projecto MDL proposto, ajudando a determinar a sua adicionalidade.

O gráfico da figura 55, pode ajudar a visualizar o conceito de adicionalidade.

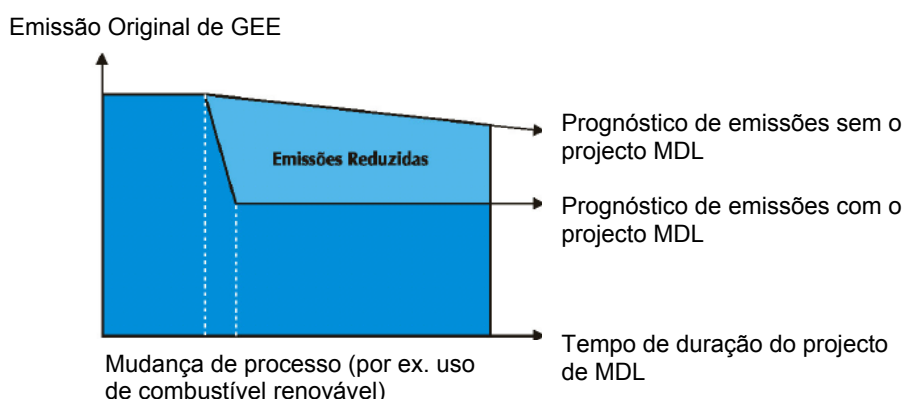


Figura 55 - Conceito de Adicionalidade e Linha de Base

Os dois principais factores que influenciam a criação de créditos são a definição e quantificação dos cenários de linha de base e o projecto ao longo do tempo. O segundo factor importante, o cenário de projecto, é definido pela proposta apresentada pelo criador do projecto. Como o MDL é uma iniciativa voluntária, todas as informações relacionadas com o projecto são necessárias para quantificar as emissões.

A linha de base da remoção líquida de GEE por sumidouros é a soma das alterações dos fluxos de armazenamento de carbono nos reservatórios dentro das fronteiras do projecto que ocorreriam sem a implantação do projecto.

Com o PDD pronto, e utilizando uma metodologia aprovada pelo EB-MDL, o projecto pode passar para a próxima fase que é a validação.

7.7.2.2 5 - Validação

Com base no PDD, a Entidade Operacional Designada (EOD), avalia e valida a actividade de projecto de MDL proposta, analisando se a actividade de projecto do MDL atende aos critérios de elegibilidade, se todos os procedimentos requeridos pelo EB-MDL foram aplicados de forma correcta e satisfatória, ou seja, transparente e conservadora.

7.7.2.2.6 - Aprovação do país hospedeiro

A EOD, antes de submeter o PDD ao Conselho Executivo, deverá ter recebido de cada participante da actividade de projecto uma aprovação formal das respectivas ANDs quanto à participação voluntária. No caso do país sede, onde são implementadas as actividades de projecto, deve ter a confirmação de que a actividade de projecto está de acordo com os princípios de desenvolvimento sustentável do país.

7.7.2.2.7 - Registo

O Conselho Executivo irá aceitar, formalmente, a actividade de projecto do MDL com base no relatório de validação da EOD e carta de aprovação da AND do país sede. Este processo é chamado de registo. O Conselho Executivo poderá solicitar uma revisão do relatório de validação, caso os requisitos estabelecidos não tenham sido atendidos e, nesse caso, deverá comunicar a decisão à EOD e aos participantes da actividade de projecto e torná-la pública.

O registo é uma formalidade sendo a decisão real tomada na fase de validação do projecto. No entanto, somente após o registo pode o projecto gerar créditos.

7.7.2.2.8 - Monitorização

Parte do PDD refere-se ao Plano de Monitorização, que deve ser implantado juntamente com a actividade de projecto, e estar de acordo com a metodologia utilizada pelo projecto. A implementação do plano de monitorização cabe aos participantes no projecto e quaisquer revisões no plano de monitorização devem ser justificadas e avaliadas no processo de verificação. É importante realçar que os créditos gerados serão contabilizados a partir dos dados obtidos durante essa fase de monitorização.

A redução de emissões atingidas por um projecto MDL tem de ser monitorizada por um operador de projecto e ser consistente com o PDD. Estes dados são verificados pela EOD.

7.7.2.2.9 - Verificação / Certificação

A Entidade Operacional Designada (EOD) verificará se as reduções de emissões de GEE monitorizadas ocorreram como resultado da actividade do projecto do MDL. A EOD deverá relatar por escrito, ou seja, deverá certificar que a actividade do projecto atingiu de facto as reduções de emissões declaradas.

7.7.2.2.10 - Emissão das CERs

O relatório de certificação incluirá a solicitação da EOD para que o Conselho Executivo emita um montante de CERs, correspondente ao total de emissões reduzidas obtidas num determinado período de monitorização do projecto. A emissão ocorrerá 15 (quinze) dias após a recepção da solicitação, a menos que seja requisitada a revisão da emissão das CERs. Essa revisão deve limitar-se a questões de fraude, mau procedimento ou de incompetência da EOD. O administrador do registo do MDL, subordinado ao Conselho Executivo, deposita as CERs certificadas nas contas abertas nesse mesmo registo, de acordo com o solicitado no Documento de Concepção do Projecto, em nome das devidas partes, bem como dos participantes das actividades de projecto do MDL.

7.7.3 – Elementos a contemplar no projecto MDL

7.7.3.1 - Custos de transacção

Os custos de transacção são os custos envolvidos no desenvolvimento de um projecto MDL, na monitorização e verificação das reduções de emissões ou das sequestrações atingidas durante o período de crédito. Inclui despesas com a preparação do Documento de Conceito de Projecto - que é geralmente preparado por um consultor - e com estudos da linha de base.

7.7.3.2 - Fundo para Adaptação

Dois por cento dos CERs de cada projecto são depositados num fundo especial operacionalizado pela Comissão Executiva. Os rendimentos da sua venda são aplicados no financiamento de projectos de adaptação às alterações climáticas

em países em desenvolvimento. Projectos nos países menos desenvolvidos estão isentos do pagamento desta taxa.

7.7.3.3 - Grupos de Interesse

Os grupos de interesse estão definidos nos Acordos de Marraquexe como público, incluindo indivíduos, grupos ou comunidades afectadas ou que poderão vir a ser afectadas pelas actividades propostas pelo projecto MDL.

7.7.3.4 - Limite do Projecto

Todos os projectos MDL têm de identificar um limite do projecto. O limite do projecto abrange os aumentos e as reduções de GEE que são atribuíveis ao projecto, para que se possam calcular as reduções totais. Por exemplo, uma estação para produção de energia de biomassa utilizando resíduos agrícolas pode substituir a electricidade proveniente do carvão podendo reclamar créditos pela redução de emissões, mas terá também de ter em consideração as emissões resultantes do transporte da biomassa até á estação (Perdas).

7.7.3.5 - Perdas

As perdas são as emissões que ocorrem fora dos limites do projecto mas que são atribuídas ao projecto. Por exemplo, um projecto de eficiência energética de grande escala pode levar à redução dos preços de electricidade conduzindo a um aumento do consumo energético e logo a um aumento dos GEE.

7.7.3.6 - Período de Crédito

O Período de Crédito, é o intervalo de tempo sobre o qual o projecto será creditado. Segundo os Acordos de Marraquexe, os projectos podem escolher entre um período de crédito de 10 anos ou três períodos de crédito consecutivos de 7 anos. Neste último caso, deve reavaliar-se a linha de base entre cada período.

O período de crédito é diferente do tempo de vida do projecto. Por exemplo, um reservatório de água poderá ter um tempo de vida de 50 anos e gerar créditos durante apenas 10 anos.

7.7.4 - Instituições relacionadas ao MDL

As instituições relacionadas ao MDL estão estabelecidas na Decisão nº 17 da COP-7, entre as quais encontram-se:

COP/MOP (Conferência das Partes)

Órgão máximo da CQNUMC, composta por todos os países que a ratificaram, é responsável pela sua implementação. A COP reúne-se anualmente e determina as directrizes gerais para a plena implantação da CQNUMC.

EB – MDL (Conselho Executivo do MDL)

Órgão da ONU, subordinado a decisões das COP, que supervisiona o funcionamento do MDL. As suas principais responsabilidades são: a credenciação das Entidades Operacionais Designadas; registo das actividades de projecto do MDL; emissão das CER's; desenvolvimento e operação do Registo do MDL; estabelecimento e aperfeiçoamento de metodologias para definição da linha de base, monitorização e fugas.

AND (Autoridade Nacional Designada)

Governos de países participantes em projectos do MDL devem designar junto da CQNUMC uma Autoridade Nacional para o MDL. A AND atesta que a participação dos países é voluntária e, no caso do país onde são implementadas as actividades de projecto, que as actividades do MDL contribuem para o desenvolvimento sustentável do país. As actividades de projectos do MDL devem ser aprovadas pela AND.

EOD (Entidade Operacional Designada)

São entidades nacionais ou internacionais credenciadas pelo Conselho Executivo e designadas pela COP/MOP, que ratificam ou não a credenciação feita pelo Conselho Executivo. As responsabilidades das Entidades Operacionais Designadas - EODs

consistem em: validar actividades de projectos do MDL de acordo com as decisões de Marraquexe; verificar e certificar reduções de emissões de gases de efeito estufa e remoções de CO₂; manter uma lista pública de actividades de projectos do MDL; enviar um relatório anual ao Conselho Executivo; manter disponíveis para o público as informações sobre as actividades de projecto do MDL, que não seja considerado confidencial pelos participantes do projecto.

Comissão Executiva

A Comissão Executiva foi eleita em 2001 na Conferência das Partes em Marraquexe e é constituída por 10 membros, Partes do Protocolo. A Comissão tem de reunir pelo menos três vezes por ano. Os membros são eleitos por um período de dois a três anos. As reuniões são através de vídeo-conferência por Internet e abertas a observadores. A página de Internet do MDL no portal da Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (<http://cdm.unfccc.int>) disponibiliza a vídeo conferência por Internet, informação sobre reuniões futuras e relatórios das reuniões da Comissão e do painel de metodologias.

Criador de projectos

Podem participar numa actividade de projecto do MDL as chamadas Partes Anexo I, Partes Não Anexo I ou entidades públicas e privadas dessas Partes, desde que por elas devidamente autorizadas. Actividades de projecto do MDL podem ser implementadas por meio de parcerias com o sector público ou privado.

7.7.5 - LULUCF

Sumidouro e sequestro de carbono são termos genéricos dados a projectos que armazenam carbono em biomassa. Os sumidouros são conhecidos formalmente por projectos LULUCF (Uso da terra e da mudança do uso da terra e floresta).

Estes projectos podem ser de florestação, reflorestação, de plantações florestais de espécies de crescimento rápido com fins industriais, de desflorestação com conversão da floresta para outros usos ou de conversão florestal.

No entanto, nestes projectos a elegibilidade das actividades são de difícil caracterização, ou seja, a comprovação da sua adicionalidade é difícil. Isso deve-se

a uma série de factores críticos: a não-permanência do armazenamento de carbono (florestas), a análise dos impactos sociais e ambientais, a determinação da linha de base, a projecção confiável de curvas de crescimento da floresta correspondendo ao acumulação de carbono nos diferentes cenários do projecto. Isso pode ser corroborado pela baixa participação de projectos florestais no mercado do Quioto relativamente aos projectos de eficiência energética e de geração de energia renovável.

Os acordos de Marraquexe estipularam que só as actividades de florestação e de reflorestação são elegíveis para projectos MDL.

Projecto elegível		Descrição
<input checked="" type="checkbox"/>	Florestação	Plantação de árvores em áreas não florestadas previamente (período mínimo 50 anos)
<input checked="" type="checkbox"/>	Reflorestação	Reabilitação regeneração de áreas recentemente degradadas (antes de 1989)
Projectos não elegíveis		Descrição
R	Plantações florestais	Implantação de plantações de espécies de crescimento rápido (pinus e eucalipto)
R	Desflorestação	Conversão da floresta para outros usos
R	Conservação florestal (desmatação evitada)	Redução das taxas de desmatação reduz as emissões globais de gases de efeito de estufa

Quadro 16 - Síntese das actividades de uso da terra (LULUCF) elegíveis e não elegíveis ao MDL

Para a comprovação da elegibilidade de um projecto LULUCF alguns itens devem ser cumpridos:

- as áreas a serem reflorestadas e/ou florestadas precisam ser caracterizadas como não-florestais;
- para reflorestação somente são elegíveis as áreas que em 31 de Dezembro de 1989 não continham florestas e para a florestação somente são elegíveis as áreas que não continham florestas por um período de pelo menos 50 anos;
- as actividades do projecto serão adicionais se as suas remoções actuais líquidas forem maiores que as mudanças, que ocorreriam na ausência das actividades do projecto, nos stocks dos reservatórios de carbono dentro dos limites do projecto.

Neste contexto, é conveniente conhecer algumas definições, resultantes das COP, nomeadamente:

- **Floresta:** constituída por uma área mínima de 0,05-1,0 hectares, com cobertura de copa em mais de 10-30 %. As árvores devem atingir uma altura mínima de 2-5 metros, na maturidade. Uma floresta pode ser designada por floresta fechada, onde existem árvores de vários estratos e sub-bosque a cobrir a maior parte da terra, ou por florestas abertas. As formações naturais jovens e todas as plantações que ainda não alcançaram uma densidade de copa de 10-30 por cento, ou com árvores abaixo dos 2-5 metros de altura, também, são consideradas florestas, assim como as áreas que normalmente fazem parte de uma área florestal que está temporariamente sem armazenar CO₂ como resultado da intervenção humana, desbaste ou causas naturais.

- **Florestação:** é a conversão induzida directamente pelo homem, de uma área que não foi florestada por um período de pelo menos 50 anos para uma área florestada, através de plantação ou sementeira

- **Reflorestação:** é a conversão induzida directamente pelo homem, de área não florestada para área florestada através de plantação ou sementeira, em área que era florestada, mas que foi convertida para não-florestada. Para o primeiro período de compromisso, as actividades de reflorestação ficaram limitadas às reflorestações ocorridas nas áreas que não continham floresta em 31 de Dezembro de 1989.

A fim de solucionar os impasses relacionados com o Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas, foi acordado pelas COP, que os projectos de sequestro de carbono, deveriam ser elaborados de acordo com os seguintes princípios:

- a) As actividades de LULUCF devem basear-se num sólido conhecimento científico;
- b) A determinação das estimativas de sequestro de carbono e a monitorização das actividades de LULUCF, devem utilizar metodologias consistentes;
- c) A meta estabelecida no Artigo 3.1 do Protocolo de Quioto não deve ser alterada com a contabilização das actividades de LULUCF;
- d) A simples presença de stocks de carbono deve ser excluída da contabilidade;

- e) A implementação de actividades de LULUCF deve contribuir para a conservação da biodiversidade e para o uso sustentável dos recursos naturais;
- f) A contabilidade das actividades de LULUCF não implica na transferência de compromissos para períodos futuros;
- g) A reversão das actividades de LULUCF deve ser contabilizada num determinado período de tempo;
- h) A contabilidade exclui a remoção (sequestro) proveniente de concentrações elevadas de CO₂, acima do seu nível pré-industrial, a deposição indirecta de nitrogénio e os efeitos dinâmicos resultantes do crescimento decorrente da actividade e práticas anteriores do ano de referência.

A COP 7 decidiu que no primeiro período de compromisso (2008-2012), o total de CER's resultante dos projectos florestais de um país do Anexo I, não pode ser superior a 1% das emissões do ano-base, multiplicado por cinco (UNFCCC, 2002d). Esse limite, evidentemente, traz restrições ao tamanho do mercado de CER's para projectos florestais.

CAPÍTULO 8

8 – Conclusões

As alterações climáticas são um problema que a humanidade tem de enfrentar, numa perspectiva a longo prazo, caracterizado por uma interacção complexa de processos climatéricos, ambientais, económicos, políticos, institucionais, sociais e tecnológicos, com grandes implicações internacionais e intergeracionais no contexto de objectivos para a sociedade mais latos, como a igualdade e o desenvolvimento sustentável.

Para aplicar medidas destinadas a atenuar as alterações climáticas, há que ultrapassar obstáculos de natureza diversa e que obstem a uma plena utilização das oportunidades técnicas, económicas e sociais proporcionadas por estas actividades de atenuação. Neste contexto, a biomassa terá um contributo muito importante, ao tentar minimizar, ou pelo menos não aumentar muito mais, os excedentes de emissões de gases com efeito de estufa e assim, tentar controlar as penalidades que Portugal pode ser alvo pelo incumprimento do Protocolo de Quioto, ou permitir a transmissão de quotas de GEE para outros sectores de actividade económica, pois é uma fonte de energia de baixo impacto ambiental, renovável e considerada neutra em termos de libertação de dióxido de carbono.

A valorização da biomassa, para a utilização energética, integra-se num sistema de incentivos de apoio financeiro no âmbito da política energética (PRIME), decorrentes do Programa Operacional Agricultura, do Desenvolvimento Rural (AGRO) e dos Programas Operacionais Regionais (AGRIS). No sector florestal podem realçar-se os apoios concedidos no domínio da “Gestão sustentável e estabilidade ecológica das florestas”, nomeadamente na “Prevenção de riscos provocados por agentes bióticos e abióticos” e pelo Fundo Florestal Permanente, ou seja, está a assistir-se a uma integração entre as políticas florestais, ambientais e energéticas que incentiva a produção de energia eléctrica a partir de biomassa florestal.

Portugal está muito dependente da energia proveniente de combustíveis fósseis, praticamente inexistentes no nosso país. Não sendo a solução directa para substituir estes combustíveis, um maior aproveitamento da biomassa, em termos energéticos, pode ajudar a dar resposta ao aumento anual médio de 5% no consumo de energia, ganhando importância geoestratégica, e permitir alcançar a meta proposta pelo governo Português de atingir 150 MWh de energia obtida a partir da biomassa contribuindo assim, 1,8% para o grupo das energias renováveis.

O aumento do aproveitamento da energia proveniente de fontes de energia renováveis irá igualmente contribuir para atingir os compromissos assumidos, no âmbito do Protocolo de Quioto, de redução das emissões de gases de efeitos de estufa (GEE), cujas medidas são concretizadas em Portugal pelo Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC).

A aposta nesta fonte de energia pode, também, ser entendida como um incentivo aos investimentos em zonas menos favorecidas, como são o caso das regiões interiores, e assim criar novas oportunidades de emprego, travando o êxodo rural ou contribuir para repovoar o interior do país. O aumento do rendimento da actividade agro-florestal, com a implementação das práticas de boa gestão florestal, permitirão minimizar, em certa medida, os fogos e a dispersão de pragas e doenças florestais, como é o caso do nemátodo da madeira de pinheiro.

O nemátodo da madeira do pinheiro é o agente biótico nocivo, com maior relevância, devido ao facto de interagir com a espécie mais representativa do coberto florestal português, o pinheiro bravo. A ineficiente erradicação desta doença leva à degradação ecológica traduzindo-se, nomeadamente, na aceleração dos processos erosivos do solo, em alterações no regime hídrico e redução do valor económico dos ecossistemas florestais.

A falta de tratamento adequado das nossas áreas florestais reflecte-se, numa grande parte, nos 3,3 milhões de hectares de floresta, incluindo a zona de restrição da doença do nemátodo de pinheiro, que entre 1999 e 2007 aumentou substancialmente a área, passando de 300 000 para 1 000 000 de hectares. Esta tendência de aumento é indiciadora que algo de errado se passa com a nossa prática florestal, sendo mesmo espectável que a curto prazo este valor duplique e atinja áreas de grande valor económico e ambiental, como é o caso do pinhal de Leiria. O impacto económico da devastação de áreas de floresta, por pragas e

doenças, só se costuma reflectir depois de mais de uma década, com consequências nefastas a nível da competitividade deste sector, pelo que a valorização dos resíduos florestais daí resultante será um passo essencial para conseguir reverter o crescente problema de erradicação de pragas e doenças e dos fogos florestais.

A erradicação da doença do nemátodo de pinheiro, apresenta custos elevadíssimos para o País e o não aproveitamento de parte muito significativa dos resíduos (sobrantes e madeira).

O Estado Português é o principal interessado em encontrar uma solução que permita tornar menos onerosos os encargos com a erradicação da doença do NMP, para isso deve potenciar o aproveitamento energético, do material lenhoso sintomático, retirando-o da floresta em tempo útil. Mas para o conseguir tem que romper o círculo vicioso, apostando estrategicamente na reconversão da fileira energética, garantindo um preço de compra suficientemente atractivo de modo a mobilizar a participação de empresas utilizadoras de biomassa e dinamizar, simultaneamente, os sectores industriais nas áreas da metalomecânica, automação e controlo, e adaptação dos sistemas de queima.

A produção de energia eléctrica a partir da biomassa passou a ser mais rentável a partir de 2005, pela definição de uma nova tarifa especial para o pagamento da energia produzida nas centrais termoeléctricas (DL n.º 33-A de 16 de Fevereiro de 2005). Mas a biomassa florestal, devido à sua baixa densidade e manuseamento complicado, pela sua heterogeneidade, causa constrangimentos económicos ao seu transporte, escoamento e integração com valor industrial nos circuitos económicos, contudo a sua densificação resolve estes problemas.

A densificação da biomassa, em peletes por exemplo, proporciona uma série de vantagens, nomeadamente, permite o transporte a grandes distâncias, facilita o manuseamento e o armazenamento, o conteúdo de energia é superior ao de outros combustíveis, a sua combustão produz quantidades reduzidas de cinzas, cheiros, fumos e gases de efeito de estufa. A biomassa densificada é considerada um combustível ecológico, permite ganhos significativos em termos de efeito estufa, a matéria-prima é abundante em Portugal e apresenta preços baixos, em comparação aos combustíveis fósseis. O material lenhoso de coníferas sintomáticas da doença do NMP, possui um grau de humidade relativamente baixo o que é vantajoso para a

sua transformação em peletes, pois diminui a energia necessária para sua secagem, o que constitui um ganho energético.

Com a modificação operada no mercado dos combustíveis devido ao aumento do preço do petróleo e ao início do funcionamento do mercado do carbono, a produção de peletes surge assim, como uma alternativa vantajosa. A produção de peletes permite actuar em sistemas florestais, virados para a consciência do desenvolvimento sustentável, a valorização das energias renováveis e a mitigação das mudanças climáticas, através da actuação na área do Carbono Social (Carbono absorvido e/ou reduzido), consumada na redução das emissões de GEE.

A produção de peletes deve então, enquadrar-se num Plano Político/Estratégico, através de acções positivas associadas ao Carbono florestal, devendo o Governo Português /AND – Florestal articular com potenciais interessados, como por exemplo, distribuidores da rede de aquecimento doméstica, centrais termoeléctricas, papelerias, ZIF's, etc.

As instalações abrangidas pelo CELE, possuem um título de emissão e foram-lhes atribuídas licenças anuais de emissão de GEE, segundo os planos nacionais de atribuição de licenças de emissão (PNALE), estas licenças anuais (definidas em toneladas de CO₂ equivalente) conferem o direito de emitir uma determinada quantidade de GEE. Neste contexto, podem verificar-se duas situações, uma quando as emissões emitidas pela empresa ultrapassam a meta estabelecida e nesta situação, a empresa terá que adquirir as respectivas licenças no mercado, ou implementar estratégias de redução de GEE investindo em mecanismos de Implementação Conjunta ou de Desenvolvimento Limpo, ou então as emissões emitidas pela empresa são inferiores às licenças de emissão que lhe foram atribuídas, podendo a empresa vender as suas licenças excedentes no mercado.

Quem não devolver as licenças de emissão suficientes para cobrir as suas emissões do ano anterior será obrigado a pagar multas pelos valores excedentários de tonelada de dióxido de carbono equivalente, o que no corrente ano tem o valor de 100 euros por tonelada de CO₂ equivalente libertado.

Mesmo que uma empresa seja possuidora de licenças de emissão suficientes, a verdade é que, ao consumir um combustível fóssil, estará a prescindir

da possibilidade de vender parte da sua quota de emissões, pelo que é urgente estudar a viabilidade da sua substituição por outros que permitam obter a energia necessária com a produção de menor quantidade de GEE.

Os peletes encontram-se desde já algum tempo nos circuitos comerciais, embalados em sacos de 20 Kg ou a granel, com preço médio à saída da fábrica de 0,14 €/kg, ou seja, 140 €/t.

Nesta conjuntura, o aproveitamento da biomassa resultante da erradicação da doença do nemátodo de pinheiro, para a produção de peletes e sua posterior utilização como combustível, poderá ser uma alternativa bastante viável para algumas empresas.

Com o Protocolo de Quito em vigor, interessa comparar estes peletes com um combustível de baixo custo e bastante utilizado no nosso país, para verificar qual é o mais vantajoso. A comparação vai ser feita em termos de valor como combustível, valor derivado das taxas de Quito e valor social, que representa os benefícios resultantes, neste caso, da erradicação da doença do nemátodo de madeira de pinheiro, bem como o aproveitamento da biomassa daí resultante.

O poder calorífico inferior dos peletes de biomassa é de 18 MJ/kg (15MJ/kg para estilhas) e o do fuel óleo é 40,5 MJ/kg, ou seja, a combustão de 1kg de fuel óleo pode ser substituída por 2,25 kg de biomassa/peletes, para obter a mesma quantidade de energia.

O valor comercial do fuel óleo é de, aproximadamente, 450 €/t (preço indicativo da Galp Energia para grandes consumidores, como média dos meses de 2007), como tal a biomassa terá um valor equivalente ao fuel de 0,200 €/kg ($0,450/2,25$), ou seja 200 €/t. Como o valor comercial dos peletes é de, aproximadamente, 140 €/t, abaixo dos 200 €/t, a sua utilização como combustível é economicamente vantajosa.

O teor em carbono do fuel óleo é cerca de 86% (a massa de CO₂ emitida é aproximadamente quatro vezes superior a esse conteúdo), logo a combustão completa de 1 tonelada emite 3,44 ($0,86 \times 4$) toneladas de CO₂. Sabendo que as emissões de CO₂ em 2008 possuem um custo negociado no mercado internacional, expectável, de 22 €/t, pode-se calcular o custo das emissões de CO₂, resultantes da queima de 1 tonelada de fuel que é 75,68 € ($3,44 \times 22$ €). Como o custo das taxas de emissão equivalentes à queima de 1 tonelada de fuel pode ser substituído pelo

equivalente à queima de 2,25 toneladas de biomassa, então cada tonelada de biomassa permite poupar 33,6 € ($75,68/2,25$), ou seja o uso de biomassa tem neste momento uma bonificação internacional de emissão de 33,6 €.

Mas como, Portugal já excede largamente os limites de emissões impostos, terão de ser pagas multas a partir de 2008, expectavelmente, a 100 €/t CO₂, pelo que evitar a penalização será uma questão de interesse nacional. O valor das penalizações é calculado de forma idêntica ao das emissões, mas agora para um valor de 100 euros a toneladas de CO₂, como a combustão completa de 1 tonelada de fuel óleo emite 3,44 o custo da penalização é 344 € ($3,44 \times 100$ €).

Como o custo das taxas de emissão equivalentes à queima de 1 tonelada de fuel pode ser substituído pelo equivalente à queima de 2,25 toneladas de biomassa, então cada tonelada de biomassa permite evitar o pagamento 152,88 € ($344 / 2,25$).

Esta parcela não pode ser imputada directamente ao consumidor de fuel óleo se a ultrapassagem dos limites se dever a terceiros, como por exemplo o excesso no sector automóvel.

A erradicação da doença do nemátodo da madeira do pinheiro corresponde a um investimento, cujo custo social anual médio para o período (1999-07), foi de 7 milhões de euros por ano (excluído o valor do material lenhoso), gastos em actividades de prospecção e erradicação. Se contabilizar-mos nas perdas o valor de recuperação das áreas afectadas e o não aproveitamento dos sobrantes, quer de exploração florestal quer de erradicação da doença, podem-se atingir facilmente valores que, apresentado alguma subjectividade, ultrapassam em muito o dobro deste valor por hectare.

Como uma área actual da zona de restrição da doença é de um milhão de hectares e o país tem um custo directo, ao nível da prospecção e erradicação, de 7 milhões de euros por ano, o valor social é de 7 €/ha/ano.

Durante a erradicação abatem-se, aproximadamente, 325 000 árvores/ano com uma média de 330 kg por árvore de biomassa, o que permite obter 107 000 toneladas de estilha/ano. A quantidade de estilha obtida seria suficiente para alimentar uma central termoelétrica como a de Mortágua, ou seja, seria possível produzir 63,3 GWh/ano de energia.

Mais de metade do material lenhoso potencialmente sintomático (cerca de 52 000 t/ano), não tem aproveitamento energético, sendo queimado na mata, se este

fosse comercializado conseguir-se-ia um ganho de 1 560 000 €/ano ($30 \text{ €/t} \times 52\,000 \text{ t/ano}$). Este ganho contribuiria para um decréscimo de encargos do Estado de 15 €/t ($1\,560\,000/107\,000$) por ano.

Este valor representa um benefício social potencial de grande relevância, pois torna evidente a necessidade da existência de uma erradicação atempada da doença, essencial também para a redução da área afectada e do risco de disseminação da doença, e o aproveitamento energético de biomassa daí resultante.

Assim, o valor geral da biomassa, computando o seu poder calorífico equivalente a fuel óleo, as taxas de emissão e os prejuízos que deixam de ocorrer, será, para o preço de base de 30 €/t de biomassa, de -18,6 €/t ($30 - (33,6 + 15)$). O valor negativo, significa que consumir biomassa paga o seu custo (por hipótese 30 €/t), e ainda sobram 18,6 €/t. Se existirem sanções, pelo excesso de emissões, então teremos um custo negativo de 169,43 €/t ($152,88 + 18,6$), em relação ao mesmo referencial.

No caso de haver lugar a sanções por excesso de emissões então, em relação ao mesmo referencial teremos um custo negativo de 169,43 corresponde a uma bonificação global de 201,48, dos quais 186,48 euros ($152,88 + 33,6$) e decorrem de factores internacionais e 15 euros da conjuntura nacional.

Neste contexto a produção de peletes permite criar riqueza (Investimento e Emprego), ao articular o desenvolvimento social, económico e ambiental e valorizar os recursos energéticos endógenos, com a diminuição da emissão de GEE, pela aplicação dos instrumentos económicos (comércio de emissões), podendo libertar quotas de GEE para outros sectores de actividade e evitar penalizações pelo não cumprimento do Protocolo de Quioto.

Ao aumentar a utilização de energia renovável substitui-se as importações e reduz-se a dependência energética o que é facilitado em termos de armazenamento e transporte de biomassa (densificação), valorizando o recurso, e melhorando a aplicação do normativo de combate a pragas e doenças.

Assim se conclui que, a biomassa florestal, em especial a sua densificação, é altamente competitiva em termos económicos e muito valiosa quando contabilizada à luz dos critérios de Quioto.

CAPÍTULO 9

9 – Referências Bibliográficas

- Abecassis, F. C. (2007). *Análise económica e financeira de projectos*. 4ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Adbeels, P. (1987). *Biomass harvesting technology and energy balance*. Ed. Elsevier Applied Science. London.
- ADENE/INETI. (2001). *Fórum Energias Renováveis em Portugal*. Relatório Síntese. Lisboa.
- Agência Europeia para o Ambiente. (2001). Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho ao abrigo da Decisão 93/389/CE do Conselho, alterada pela Decisão 99/296/CE, relativa a um mecanismo de vigilância das emissões comunitárias GEE. Copenhaga.
- Agência Europeia para o Ambiente. (2004). *Sinais ambientais – 2004 – Actualização da Agência Europeia do Ambiente sobre questões específicas*. Copenhaga.
- Aguiar, R. (2006). Apresentação SIAM sobre Impactos e Adaptações no sector energético BBC News, Viewpoints, the urban world in 2050. FCT. Lisboa.
- Alakangas, E. (2002). Wood pellets in Finland – technology, economy and market. *OPET Bloch L.T. Conference on pellets*. Finlândia.
- Alakangas, E. (1999). *Production techniques of logging Residue Chips in Finland*. Finlândia.
- Aukland, L., Moura C. e Bass, P. (2002). *Laying the Foundations for Clean Development: Preparing the Land Use Sector A quick guide to the Clean Development Mechanism*. IIED. London.
- Aukland, L. e Costa, P.M. (2002). Review of methodologies relating to the issue of permanence for LULUCF projects. In: Land Use and Forests, Carbon Monitorem, and Global Chance Cooperativa Agrément between Winrock International and the EPA.
- Belmiro, T. R. (2004). *A evolução do mercado global de carbono*. Em: Carbono: Ciência e Mercado Global. UFPR. Curitiba.

- Campadelli, G. e Dindo, M.L. (1994). *Monochamus galloprovincialis* (Oliv.) (Coleoptera Cerambycidae) nella pineta di S. Vitale. *Informatore Fitopatologico* 1.
- Carvalho, J.L. (2006). *Energy from forestry: basics, advantages and problems, from a company perspective*. Portucel Soporcel Abastecimento. Lisboa.
- Caparica. (2002). *NMP na zona de Tróia*. Trabalho final curso. Instituto Politécnico de Beja. Beja.
- Chiaramonti, D. e Martelli F. (2007). *Biomass energy conversion technologies (thermal): Combustion – IMES*. Tese de Mestrado em Bioenergia, Modulo 2.4. Faculdade Ciências e Tecnologias - Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.
- CTI. (2003). *Biocombustibili - Specifiche e classificazione*. Raccomandazione CTI, elaborata dal SC 9 Fonti rinnovabili di energia. Itália.
- Cotton, R. (2002). Great Britain: a new markets for pellet. *Proceedings of the First Words, Conference on pellets*. Londres.
- Costa, J. (2007). *Caracterização de resíduos, resultantes da Co-combustão de Biomassa e Carvão*. Tese de Mestrado de Bioenergia. Faculdade Ciências e Tecnologias - Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.
- Dias, J. (2002). *Utilização da biomassa: avaliação dos resíduos e utilização de pellets em caldeiras doméstica*. Instituto Superior Técnico de Lisboa. Lisboa.
- Demirbas, A. (2004). Combustion characteristics of different biomass fuels. Progress in Energy and Combustion Science 30.
- Direcção Geral de Geologia e Energia. (2006). *Estratégia Nacional para a Energia – a criação duma rede de centrais a biomassa dedicadas*. DGGE. Lisboa.
- Direcção Geral de Geologia e Energia. (2005). *A factura energética de Portugal*. DGGE. Lisboa.
- Direcção Geral dos Recursos Florestais. (2007). *Estratégia Nacional para as florestas*. DGRF. Lisboa.
- Direcção Geral dos Recursos Florestais. (2008). *Identificação e Monitorização de Pragas e Doenças em povoamentos Florestais*. DGRF. Lisboa.

- Dahlstrom, J. (2002). Pellets in Sweden. *Proceedings of the First Words Conference on pellets*. Suécia.
- Delbeke, J. (2003). The EU Emissions Trading Scheme em Carbon Finance 2003 – Kyoto 5 years on. *Environmental Finance Conferences*. Londres.
- Dominik, J. (1981). Summer control of xyloplagous insect pests in scots pine stads. *Sylvan* 125.
- Dillon, L. S. e Dillon, E. S. (1941). The tribe Monochamini in the Western Hemisphere (Coleoptera: *Cerambycidae*). *Reading Public Museum and Art Gallery Scientific Publication* 1.
- Dropkin, V. H., Foudin, A., Kondo, E., Linit, M. J. e Smith, M. (1981). Pinewood nematode: A threat to U.S. forests?. *Plant Dis.* 65.
- Evans, H., McNamara, D., Braash, H., Chadoeuf, J. e Magnusson, C. (1996). Pest Risk Analysis (PRA) for the territories of the European Union (as PRA area) on *Bursaphelenchus xylophilus* and its vectors in the genus *Monochamus*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 26.
- European Environment Agency. (2001). *Business and the Environment: Current Trends and Developments in Corporate Reporting and Ranking*. Technical Report N° 54. Copenhagen.
- European Environment Agency. (1996). *Atmospheric Emissions Inventory Guidebook*. EMEP/CORINAIR. Copenhagen.
- Edwards, O. R. e Linit, M. J. (1991). Oviposition behaviour of *Monochamus carolinensis* (Coleoptera: *Cerambycidae*) infested with the pinewood nematode. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 84.
- Fenside, P. M. (2001). As florestas e a mitigação de efeito de estufa. INPA.
- Francardi, V. e Pennacchio, F. (1996). Note sulla bioecologia di *Monochamus galloprovincialis galloprovincialis* (Olivier) in Toscana e in Liguria (Coleoptera *Cerambycidae*). *Redia* 79.
- Francardi, V., Pennacchio, F. e Silva, J. (1998). Attack distribution on maritime pine bole by longhorn beetles in Tuscany (Coleoptera *Cerambycidae*). *Redia* 81.
- ADENE/INETI. (2002). *Energias Renováveis em Portugal. Uma Contribuição para os objectivos de política Energética e Ambiental*. Lisboa.
- Germano, M. A. (2000). *Regime florestal: Um século de existência*. DGF. Lisboa.

- Hirsmark, J. (2002). *Densified Biomass Fuels in Sweden: Country report for the EU/INDEBIF project*. Departement of Forest Management and Products – Swedish University of Agricultural Sciences.
- Hellrigl, K. G. (1971). The bionomics of the European genera of *Monochamus* (Coleoptera, Cerambycidae) and their significance to the forest and lumber economy. *Redia* 52.
- Instituto do Ambiente. (2003). *Portuguese Report on Greenhouse Gas Inventory*. IA. Lisboa.
- Ibrahim, G. (2007). Apontamentos IMES. Mestrado em Bioenergia. Faculdade Ciências e Tecnologias - Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.
- IEA/NEA. (2002). *Externalities and Energy Policy: The Life Cycle Analysis Approach*. Workshop Proceedings. OCDE. Paris.
- Instituto Nacional dos Resíduos. (2001). Plano Estratégico dos Resíduos Industriais. INR. Lisboa.
- Instituto Nacional de Estatística. (2001). *Indicadores Ambientais e a Contabilidade Nacional*. INE. Lisboa.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (1996). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC. Genebra.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). *Land Use, Land-Use Change, and Forestry*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2003). *Cambio Climático 2001: Informe de síntesis*. Genebra.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Contribution of the working group I to the fourth assessment*. IPCC. Genebra.
- Instituto Superior de Agronomia. (2005). Proposta Técnica para o Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios. ISA. Lisboa.
- Jenkins, B. e Baxter, L. (1996). *Combustion properties of biomass, biomass usage for utility and industrial power*. Ed Engineering Foundation Conferences. Utah.
- Kanury, A. (1994). Combustion characteristics of biomass fuels. *Combustion Science and Technology* 97.

- Kishi, Y. (1995). *The pine wood nematode and the Japanese pine sawyer*. Thomas Company Limited. Japão.
- Kobayashi, F. (1988). *The Japanese pine sawyer*. Em: Berryman AA (ed.), *Dynamics of Forest Insect Populations: Patterns, Causes, Implications*. New York.
- Korsfeldt, T. (2002). *The importance of International Co-operation for development of the Bioenergy Sector and Sweden's Commitments*. Proceedings of the First Words Conference on pellets.
- Ling, E. (2006). *Logistics – the key to successful forest fuel production*. Apresentação expobioenergia. Valladolid.
- Linit, M. J. (1987). *The insect component of pine wilt disease in the United States*. Pathogenicity of the pine wood nematode. American Phytopathological Society Press. USA.
- Linit, M. J. (1988). Nematode-Vector Relationships in the pine wilt disease system. *J. Nematol.* 20.
- Linit, M. J. (1989). Temporal pattern of pinewood nematode exit from the insect vector *Monochamus carolinensis*. *J. Nematol.* 21.
- Luzzi, M. A., Wilkinson, R. C. E Tarjan, A. C. (1984). Transmission of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* to slash pine trees and log bolts by a cerambycid beetle, *Monochamus titillator*, in Florida. *J. Nematol.* 16.
- Malek, R. B. e Appleby, J. E. (1984). Epidemiology of pine wilt in Illinois. *Plants Dis.* 68.
- Malisius, U. (2000). *Wood Pellets in Europe*. Industrial Network on Wood Pellets, Thermie B Project Dis/2043/98-AT. Austria.
- Mamiya, Y. e Kiyohara, T. (1972). Description of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) from pine wood nematode and histopathology of nematode-infested tress. *Nematologica* 18.
- Mamiya, Y. (1975). The life history of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus*. *Japan J. Nematol.* 5.
- Mamiya, Y. (1984). The pine wood nematode. Em: Nickle WR (ed), *Plant and insect nematodes*. New York.

- Mota, M. (1989). *Extracção de nemátodes do solo e de tecidos vegetais*. Relatório para aula prática de Biologia do Solo. Universidade de Évora.
- Mota, M., Braasch, H., Bravo, M. A., Penas, A. C., Burgermeister, W., Metge, K e Sousa, E. (1999). First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and Europe. **Nemalogy** 1.
- Mesera, F. (1999). *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales*. México.
- Nickle, W. R., Golden, A. M., Mamiya, Y. e Wergin, W. P. (1981). *On the taxonomy and morphology of the pine Wood nematode, Bursaphelenchus xylophilus (Steiner e Buhner 1934) Nickle 1970. J Nematol.* 13.
- Naves, P., Kenis, M. e Sousa, E. (2005). *Parasitoids associated with Monochamus galloprovincialis (Oliv.) (Coleoptera: Cerambycidae) within the pine wilt nematode-affected zone in Portugal*. Estação Florestal Nacional.
- The Organization for Economic Cooperation and Development, International Energy Agency. (2000). *Energy Policies of IEA Countries*. OCDE/IEA. Paris.
- The Organization for Economic Cooperation and Development. (2004). *Biomass and Agriculture: sustainability, markets and policies*. OCDE. Paris.
- Oliveira, A., Pereira, J. e Correia, A. (2000). *A silvicultura do pinheiro bravo*. Ed. Centro Pinus. Lisboa.
- OEPP/EPPO. (1986). *Bursaphelenchus xylophilus. Data sheets on quarantine organisms*. n ° 158 bulletin OEPP/EPPO.
- Olson, J. S. (1963). *Energy Storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems*. Ecology V44.
- Obernberger, I. e Thek, G. (2002). *Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their composition behaviour*. Proceedings of the first world Conference on pellets. Estocolmo.
- Plano Nacional para as Alterações Climáticas. (2006). Resolução do Conselho de Ministros nº 104/2006. PNAC. Lisboa.
- Pereira, S. (2006). *Florestas e Biodiversidade: Como será Portugal em 2050*. Apresentação SIAM. Lisboa.

- PROLUNP. (2006). Acção de formação para inspectores fitossanitários. DGRF. Lisboa.
- Reed, T. (1978). *Densified biomass a new form of solid fuel*. Golden, solar Energy Research Institute.
- Rego, F. (2001). *Florestas públicas*. MADRP. Lisboa.
- Rego, F. (2006). *Incêndios florestais em Portugal*. ISAPress. Lisboa.
- Rodrigues, J., M. (2006). Apresentação Prolunp. DGRF. Lisboa.
- Santos, F. D. e Miranda, P. (2006). *Alterações Climáticas em Portugal, cenários, impactos e medidas de adaptação*. Projecto SIAM II. Gradiva. Lisboa.
- Santos, C. (2005). *Enquadramento da utilização da Biomassa na União Europeia – Apresentação DGRF*. Lisboa.
- Seixas. (2006). *Programa Nacional para as Alterações Climáticas*. Avaliação do Estado de Cumprimento do Protocolo de Quioto. PNAC. Lisboa.
- Sheng, C. e Azevedo, J. (2001). *Progress report of bioflam Project*. Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- Sousa, E., Bravo, M., Pires, J., Naves, P., Penas, A., Bonifácio, L. e Mota, M. (2001). *Bursaphelenchus xylophilus (Nematoda; Aphelenchoididae) associated with Monochamus galloprovincialis (Coleoptera; Cerambycidae) in Portugal*. Nematology. Lisboa.
- Tabarés, J. e Ortiz, L. (2000). *Feasibility study of energy use for densificated lignocellulosic material (briquettes)*.
- Teke. (2007). *Finnish Funding Agency For Tecnology and innovation*. Finlândia.
- Tomminen, J., Nuorteva, M., Pulkkinen, M. e Vakeva, J. (1989). Occurrence of the nematode *Bursaphelenchus mucronatus* Mamiya & Enda 1979 (Nematoda: Aphelenchoididae) in Finland. *Silva Fenn.* 23.
- Tomminen, J. (1993). Development of *Monochamus galloprovincialis* Olivier (Coleoptera, Cerambycidae) in cut trees of young pines (*Pinus sylvestris* L.) and log bolts in southern Finland. *Entomol. Fennica* 4.

- Togashi K. (1989). Studies on population dynamics of *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) and spread of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae). *Bull. Ishikawa-Ken forest. exp. Sta.* 20.
- Totten, M. (2000). *Getting it ringht-emerging markets for storing carbonin forest*. Word Resources Institute. Washington.
- Thek, G. (2002). *Wood Pellet Production Costs Under Austrian and in Comparission to Swedish Framework Conditions*. Swedish Bioenergy Association. Estocolmo.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2003). *Caring for climate: a guide to the climate change convention and the Kyoto Protocol*. UNFCCC. Bonn.
- Werther, J. e Saenger, M. (2000). *Combustion of agricultural residues*. Progress in Energy and Combustion Science.
- Wingfield, M.J. (1983). Transmission of pine wood nematode to cut timber and girdled trees. *Plant Disease* 67.

Sítios da Internet:

- www.dge.pt/main.asp, acedido em 2007
- www.erse.pt/vPt/Entrada/, acedido em 2007
- www.energiasrenovaveis.com/, acedido em 2008
- www.ambienteonline.pt, acedido em 2007
- www.dgrf.min-agricultura.pt, acedido em 2007
- www.dgrf.min-agricultura.pt/prolunp/apres/apres.html. (acedido em2006)
- www.energiasrenovaveis.com, acedido em 2007
- www.adene.pt, acedido em 2007
- www.cti2000.it, acedido em 2007
- www.combustion-net.com/pellet_fuels/technical_papers/GFPell1.doc, acedido em 2007
- www.adene.pt, acedido em 2007
- www.diramb.gov.pt, acedido em 2007
- www.pezzolato.it, acedido em 2007
- www.willibald-gmbh.de, acedido em 2007
- www.ecop.ucl.ac.be/aebiom/biomassnews/News9/Biomass9_3.htm, acedido em 2007
- www.eubia.org/pdf/Lamnet_Pellets.pdf, acedido em 2007
- www.pellet2002.com, acedido em 2007

www.pellets2006.com, acedido em 2007

www.pelletsystemsconsult.com/pellet_systems.html, acedido em 2007

www.pezzolato.it, acedido em 2007

www.willibald-gmbh.de, acedido em 2007

www.home.worldonline.dk/imuy/woodpellets/news.htm, acedido em 2007

www.pelletheat.org. Pellet Fuel Institute. EU, 2002. , acedido em 2007

www.CO2e.com, acedido em 2007

www.apa.pt, acedido em 2007

www.carbono-zero.com/, acedido em 2008

http://ec.europa.eu/environment/climat/ccs/work_en.htm , acedido em 2007

<http://unfccc.int/2860.php>, acedido em 2007

<http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission>, acedido em 2007

<http://europa.eu.int/comm/environment/climat/eccp.htm>, acedido em 2008